

Aus der Abteilung für Innere Medizin
des Kreiskrankenhauses Starnberg
Leiter : Professor Dr. H. Lydtin

VERGLEICHENDE ARRHYTHMIEANALYSE MIT ZWEI LANGZEIT-
EKG-ÜBERWACHUNGSSYSTEMEN:
ARHYSRIPT 1000 (SCHWARZER PICKER) UND
REYNOLD'S MEDICAL PATHFINDER

(UNTERSUCHUNG AM KRANKENGUT DER INNEREN ABTEILUNG
DES KREISKRANKENHAUSES STARNBERG)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Isabel Peschke

aus

Pöcking

1983

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter : Prof. Dr. H. Lydtin

Mitberichterstatter ; Prof. Dr. N. Zöllner

Dekan : Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 17.01.1985

Meinen Eltern

Herrn Prof. Dr. H. Lydtin danke ich für
die Überlassung des Themas, die Anleitung
während der klinischen Arbeit und die zu-
verlässige Hilfe während der Fertigstel-
lung.

Für die Anleitung zur statistischen Aus-
wertung danke ich meinem Mann J. Richarz-
Peschke.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A EINLEITUNG	2
1. Zur Entwicklung des Langzeit-EKG-Gerätes	2
2. Problemstellung	5
B HAUPTTEIL	7
1. Funktionsbeschreibung der beiden Bandspeicher-EKG-Geräte und praktische Erfahrung mit ihrem Umgang	7
2. Patienten und Methodik	16
3. Analysenergebnisse	22
3.1 Überblick	22
3.2 Fallbeschreibung - Kasuistik	32
3.3 Die Korrelation der Ergebnisse	45
4. Diskussion	53
C ZUSAMMENFASSUNG	58
D TABELLARISCHE ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	61
E QUELLENANGABEN	63
ANHANG : Tabellen und Rechnungen zur Bestimmung des Korrelationskoeffizienten	67

A EINLEITUNG =====

1. Zur Entwicklung des Langzeit-EKG-Gerätes

Das ambulante Langzeit-EKG ist eine effektive und rationelle Methode zur Registrierung von Herzrhythmusstörungen. Noch in den sechziger Jahren war der Arzt auf eine EKG-Registrierung durch stationäre Überwachung angewiesen. Die Nachteile waren eine große psychische Belastung des Patienten durch das strenge Liegen in völliger Körperruhe und die hohen Kosten eines stationären Aufenthaltes. Auch sind viele, insbesondere tachykarde, Rhythmusstörungen eher bei Belastung nachweisbar. Diese Probleme führten zur Entwicklung tragbarer Bandaufnahmegeräte, die wegen der wesentlich häufigeren und stärkeren Artefakte während körperlicher Aktivität eine bessere Technik, sowohl in Elektrodenlage als auch in der Signalerfassung und Signalverarbeitung, erforderlich machten (2).

Bis zum Erreichen des heutigen Standes auf dem elektromedizinischen Markt war ein langer Weg technischer Entwicklung durchzustehen. Entdeckt wurden die elektrischen Herzpotentiale im Jahr 1887, als die Forscher Ludwig und Waller wechselnde Aktionsströme über der Brustwand registrierten. Weitere Verbesserung in der Ableitung erreichte 1893 Einthoven mit seinem Saitengalvanometer, wofür er 1924 den Nobelpreis erhielt. Es dauerte dann noch Jahre,

bis die Elektrokardiographie für die alltägliche klinische Untersuchung verwendet werden konnte. Lange noch war der Patient mittels Leitungskabeln an den Apparat und damit auch ans Bett gefesselt. Im Jahr 1939 unternahmen Norman J. Holter und L.A. Gengerelli ein klassisches Experiment: Der Nerv eines Froschmuskels wurde mit einem wechselnden elektrischen Feld, ohne Benutzung von Elektroden oder Drähten, stimuliert. Dabei tat sich den Forschern die Frage auf, ob durch einen Nervenimpuls ein äußeres elektrisches Feld aufgebaut werden kann. Diese Überlegungen standen am Anfang zahlreicher Forschungsreihen und führten letztlich zur Weiterentwicklung auf dem Gebiet der drahtlosen Übermittlung von Elektroencephalo- und Elektrokardiogrammen. Im weiteren Verlauf seiner Experimente gelang es Dr. Holter mittels Telemetrie, bioelektrische Signale von einem Sender (elektrocardiocaster) auf einen Radioempfänger zu übertragen. Erstmals war jetzt der Patient während der Überwachung nicht in seiner Bewegung beschränkt. Die gesamte tragbare Ausrüstung wog 38 kg. Die Signale konnten auf einem Oszilloskop sichtbar gemacht werden und je nach Bedarf mit einem Elektrokardiographen aufgezeichnet werden. Etwas später in der Entwicklung wurden die mit Telemetrie übermittelten Signale auf ein Tonband übertragen. Die Dauer der Überwachung betrug mehr als eine halbe Stunde. Bisher war die Länge der Aufzeichnung durch die EKG-Papierrolle auf eine halbe Stunde begrenzt gewesen.

Im weiteren Verlauf der Entwicklung des Langzeit-EKGs (LZEKGs) verwarf Dr. Holter die Telemetrie zugunsten eines Bandspeichergerätes (elektrocardiocorder). Dieses tragbare, batteriebetriebene Gerät hatte die Maße 19,5 - 9,8 - 4,6 cm und wog 1 kg. Die Bandkapazität war ausreichend für 10 Stunden. Das Analysegerät, das Anfang der sechziger Jahre in ausgereifter Form erschien, hatte eine sechzigfache Wiedergabegeschwindigkeit. 10 Stunden Aufnahme konnten in 10 Minuten analysiert werden. Pathologische Signale wurden auf einem Arrhythmiediagramm registriert. Außerdem machte ein Signalton den Untersucher auf abweichende Ereignisse aufmerksam, die auf dem Oszilloskop zu erkennen waren. Die Uhrzeit konnte zu jedem Zeitpunkt der Aufnahme abgerufen werden (6). Eine kalifornische Firma (Avionics), die Hubschrauberkontrollsysteme und Flugzeugausrüstung herstellte, übernahm die Produktion der von Holter entwickelten Geräte, in einer für den Routinegebrauch geeigneten Form (I).

Heute werden nicht mehr Tonbänder verwendet, sondern Tonbandkassetten, auf die ein- oder zweikanalig gespeichert werden kann.

Neben der Methode der kontinuierlichen Aufzeichnung wurden Geräte entwickelt, die diskontinuierlich arbeiten. Zu letzteren gehören Systeme, die beliebige Zeiträume erfassen, und andere, die sich erst bei einem pathologischen Ereignis einschalten. Die Entwicklung der Langzeit-EKGs

in den letzten Jahren hat dazu geführt, daß sich vielfältige Systeme auf dem Markt befinden. Dabei sind insbesondere durch den Fortschritt der elektronischen Bauteilentwicklung über die Verwendung von Mikroprozessoren stets höher entwickelte Systeme in schneller Reihenfolge angeboten worden (4). Ziel dieser Entwicklung war es, sowohl durch Automatisierung der Auswertearbeit den Arzt und seine Mitarbeiter zu entlasten, als auch die Auswertequalität zu verbessern.

2. Problemstellung

Die Aufgabe dieser Studie war es, anhand eines in bezug auf die Rhythmusstörungen ausgewählten Patientengutes, ein neues Langzeit-EKG-System zu testen.

Zum Vergleich stand ein schon bewährtes Holter-System, "Reynolds Medical Pathfinder", das schon in verschiedenen Studien eingehend geprüft worden war, zur Verfügung (3). Die Anschaffung dieses Gerätes ist sehr kostenaufwendig. Mit dem neuen System "Arhyscript 1000" wird ein weit billigeres Langzeit-EKG-Gerät auf dem elektronischen Markt angeboten. Es stellt sich nun die Frage, ob das durch die vereinfachte Elektronik sehr wirtschaftliche Gerät in bezug auf die Rhythmusstörungen bzw. ihre Analyse vergleichbare Resultate bringt.

Der Schwerpunkt dieser Studie liegt bei einem Vergleich von Quantität und Qualität der Extrasystolen.

Neben der diagnostischen Sicherheit des neuen Gerätes interessierte seine Anwendbarkeit in der Routine, d.h. die Fehlermöglichkeiten beim Anlegen des Aufnahmeteils (recorder) und bei der Auswertung, dann die Robustheit der Aufnahme- und Auswerteeinheit und schließlich die Zeitaufwendung im Vergleich zum schon bewährten Holtersystem.

B HAUPTTEIL

1. Funktionsbeschreibung der beiden Bandspeicher-EGK-Geräte und praktische Erfahrung mit ihrem Umgang

Zum Vergleich der Rhythmusstörungen, insbesondere der Extrasystolen, wurden in dieser Studie zwei Langzeitbandspeichergeräte verwendet; zum einen der "Reynolds Medical Pathfinder", der über eine kontinuierliche 24stündige Aufnahme verfügt, zum andern "Arhyscript 1000" von Schwarzer Picker, bei dem es sich um ein diskontinuierlich arbeitendes Gerät handelt mit ausschließlicher Ereignisschreibung (event recorder).

Das Aufnahmegerät AS 1000 C, ein kommerziell verfügbares Kassettengerät, wiegt 1020 g und hat die Abmessungen von 145 x 83 x 63 mm. Der eingebaute Arrhythmiedetektor und die Akkus bedingen das größere Gewicht, das zusätzlich noch einen Tragegurt nötig macht.

Insgesamt erwies sich das Gerät als robust. Die Aufzeichnungen verliefen störungsfrei. Keine Untersuchung mußte wegen technischer Mängel wiederholt werden.

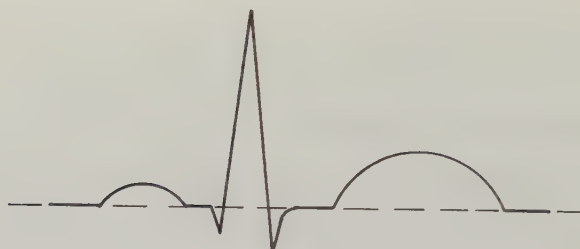
Das batteriebetriebene Aufnahmegerät von Reynolds (Kassettenrecorder mit 4 Batterien) hat einen großen Vorteil in seinem leichten Gewicht (400 g). Die Abmessungen betragen 112 x 86 x 36 mm. Ein einfacher Gürtel reicht zur Befesti-

gung des Gerätes am Patienten aus. Dadurch resultiert eine größere Bewegungsfreiheit. Zu technischen Zwischenfällen während der Aufnahme kam es bei 3 Patienten. Eine Wiederholung der Untersuchung war notwendig. Es zeigte sich, daß die Schwachstelle der Ableitkabelstecker war, der die Verbindung zwischen Elektrodenleitungen und Recorder herstellt. Das Einstellen mit EKG-Gerät am Patientenbett, ein etwas arbeitsaufwendigeres Verfahren bei dem System Arhyscript, bringt hier einen Vorteil, da das ungenügende Eintreffen von EKG-Signalen im Aufnahmegeärt sofort bemerkt wird und die Ursache, z.B. lockere Elektroden, vom Untersucher behoben werden kann. Das System Arhyscript 1000 zeichnet nur pathologische Signale auf. Phasen mit normalem Sinusrhythmus werden zwar von der im Gerät enthaltenen Elektronik überwacht, jedoch nicht auf Band gespeichert. Dadurch konnte es zu einer enormen Datenreduktion, die zur Zeitersparnis bei der Auswertung führt. Das Entscheidende dieser Methode ist das Kriterium für die Erkennung von pathologischen Herzaktionen. Fast alle Herzrhythmusstörungen manifestieren sich in einer plötzlichen Veränderung des R-R-Abstandes. Dieses Kriterium benutzt der Arhyscript. Es besitzt praktisch keine Spezifität, dafür aber die höchste Sensivität aller bekannten Kriterien. Da sich auch nicht pathologische Rhythmusstörungen, wie z.B. respiratorische Arrhythmien, durch Frequenzänderung auszeichnen, kommt es auch in diesem Fall zur Aufzeichnung. Die endgültige Entscheidung, ob pathologisch oder normal,

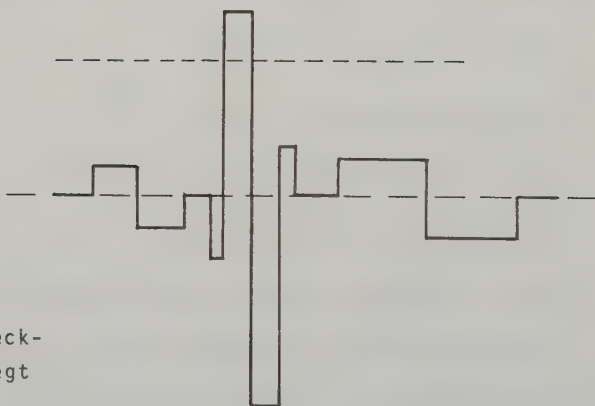
bleibt dem Untersucher überlassen. Die vom Körper mittels Elektroden nahe der Herzachse abgeleiteten Aktionspotentiale werden verstärkt und die QRS-Komplexe, die von einem Pulsformer in Rechteckimpulse gewandelt wurden, sind am Aufleuchten einer Leuchtdiode zu erkennen. Da die R-Zacke das wesentliche Element zur Errechnung des R-R-Intervalls ist, muß sie auch bei Störungen des Signalverlaufs sicher zu erkennen sein. Das geschieht durch das, entsprechend den Rechteckimpulsen umgewandelte, differenzierte EKG-Signal. Je größer die Geschwindigkeit und die Geschwindigkeitsänderung der Erregungswelle, um so steiler der Anstieg der differenzierten EKG-Kurve. Die größte Höhe und Steilheit erreicht die R-Zacke. Ihr Ansteigen und Abfallen ergibt im gewandelten, differenzierten EKG zwei in entgegengesetzter Richtung verlaufende Zacken (siehe Abbildung 1). Voraussetzungen für die ungestörte Funktion ist, daß der Schwellenwert von keiner anderen Signalkomponente außer der R-Zacke überschritten wird (16).

Der Rechteckimpuls wird einer Auswertelektronik zugeführt. Hier wird durch die Dauer des R-R-Intervalls entschieden zwischen normalen und pathologischen Signalen, dabei sind die letzten beiden in das Gerät einlaufenden QRS-Komplexe maßgeblich. Langsame Änderung der Herzfrequenz, wie Belastung, führen nicht zur Aufzeichnung. Nur sprunghafte Frequenzänderungen werden erfaßt.

normales EKG



EKG in Rechteck-
impulse zerlegt



gewandeltes, diffe-
renziertes EKG

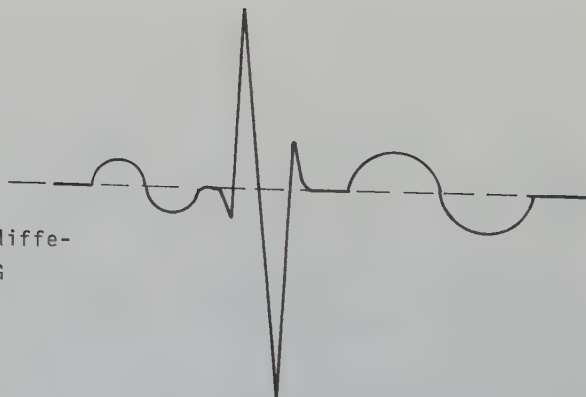


Abb. 1

Die von der Elektronik als pathologisch erkannten Signale werden auf Magnetband aufgezeichnet. Es wird nicht nur das eigentliche pathologische Ereignis aufgezeichnet, sondern auch 4 sec vor bzw. 4 sec nach dem interessierenden Ereignis (5, 14).

Die Aufzeichnung von 4 sec vor Auftreten des als pathologisch erkannten Signals wird dadurch erreicht, daß das EKG kontinuierlich in einem Zwischenspeicher 4 sec lang mitgespeichert und bei Bedarf auf das Magnetband übertragen wird (15).

In dieser Studie erwies sich die Auswerteinheit, ebenso wie das Aufnahmegerät, als unkompliziert in Bedienung und Funktion. Durch die platzsparende Konstruktion ergibt sich ein weiterer Vorteil bei der Unterbringung des Gerätes. Da Bandstop und Papierauswurf automatisch erfolgen, kann das Gerät für die Zeit der Auswertung unbeaufsichtigt bleiben.

Das schon vielfach untersuchte und teilweise mit sehr guten Beurteilungen versehene Holter-Monitoring-System des Reynolds Pathfinder (9, 8, 11) unterscheidet sich in grundlegenden Dingen vom Arhyscript-System.

Das Kriterium, das zum Erkennen pathologischer Signale führt, ist hier die Flächendifferenz der QRS-Komplexe und das veränderte R-R-Intervall. Der Pathfinder analysiert und vergleicht die Integrale der Flächendifferenzen zwi-

schen einem "eingelernten" Normalkomplex und jedem danach einfallenden Komplex.

Die Erkennung vorzeitig einfallender Komplexe ist abhängig von einem vorgewählten Zeitpunkt. Dieser ist am Analysengerät einstellbar. Beim Arhyscriptsystm wird diese Entscheidung schon vor der Untersuchung getroffen und am Aufnahmegerät eingestellt. Die Vorzeitigkeit beim Pathfinder bezieht sich auf ein mittleres R-R-Intervall, außer wenn die Änderung weniger als $\pm 5\%$ beträgt. Hier erfolgt eine direkte Ausglei chung. Dadurch wird natürlichen Schwankungen der Herzfrequenz Rechnung getragen (19).

Als normal erkannte Komplexe modifizieren den Referenzkomplex und erlauben die Anpassung an langsame Veränderung des QRS-Komplexes. Durch einen Schalter läßt sich ein akustisches Signal einschalten, das normal und abnorm klassifizierte Komplexe in verschiedenen Tonhöhen anzeigt, was mit dem tatsächlichen EKG am Oszilloskop zu vergleichen ist (9, 8).

Wesentlicher Bestandteil ist die Triggerelektronik. Die Triggerschwelle muß unter Bildschirmkontrolle so eingestellt werden, daß im Normalfall alle QRS-Komplexe richtig erfaßt werden. Treten sehr hohe T-Wellen auf, die fälschlicherweise als R-Zacke erkannt werden, so kann über einen Regler die Schwelle dem jeweiligen EKG angepaßt werden (19).

Jeder QRS-Komplex, der vom Pathfinder als normal erkannt wurde, dient im weiteren dazu, den Speicherinhalt aufzufrischen. Dadurch ist ein Mitlernen des Analysesystems möglich. Es sind 2 Speichersysteme vorhanden, so daß zusätzlich mit Hilfe des 2. Speichers anders konfigurierte wie z.B. schrittmacherinduzierte Komplexe "eingelernt" werden können.

Abweichende Komplexe sind dann nur noch solche, die weder dem Speicher "Normal A" noch dem Speicher "Normal B" zugeordnet werden (19). Gekennzeichnet wird ein abweichender Komplex auf dem Monitor durch einen Punkt, der unter diesem Komplex erscheint. Hierdurch ist eine Überprüfung, ob aberrant oder nicht, möglich.

Je nach Stellung des Wahlschalters am Grundgerät und an den Zusatzmodulen wird bei Erkennung einer Rhythmusstörung der Monitorablauf angehalten. Gleichzeitig werden digitale Impulse einem Counter-Modul zugeleitet. So wird jede Rhythmusstörung mit der Gesamtzahl der QRS-Komplexe in verschiedene Zählkanälen erfaßt (9).

Das angehaltene Monitorbild kann durch einen EKG-Schreiber ausgedruckt werden. 30 sec des dem interessierenden Ereignis vorangegangenen Monitorbildes können durch einen Regler ebenfalls auf dem Oszilloskop sichtbar gemacht werden.

Da die Patienten während der Untersuchung oft körperlich

aktiv sind, bleibt eine Artefaktbildung nicht aus. Das Analysesystem besitzt, um Fehlinterpretationen zu vermeiden, eine Artefaktunterdrückung. Im leichten Fall der Artefaktbildung kommt es zu einer Schwellenverschiebung für abweichend konfigurierte QRS-Komplexe, wodurch eine falsch positive Erkennung von ventrikulären Extrasystolen weitgehend vermieden wird. Die Empfindlichkeit der Analyse wird jedoch für diese Zeit vorübergehend herabgesetzt.

Wenn die Analyse durch eine schwere Artefaktbildung unterbrochen wurde, leuchtet ein Inhibitsignal auf. Zu schweren Störungen zählen: Amplitudenartefakte, die durch Übersteuerung des Eingangverstärkers zustande kommen. Auch Muskelanspannung kann zur Analysenunterbrechung führen.

Wird mehr als 10 sec kein QRS-Komplex getriggert, wird so lange die Analyse gestoppt, bis wieder ein QRS-Komplex erkannt ist. Auch bei Start und Stop des Bandes sind Analyseunterbrechungen zu erwarten, denn durch die Beschleunigungsvorgänge werden die Signale verzerrt wiedergegeben.

Ohne diese Kontrollmechanismen würde eine falsch positive Registrierung von verbreiterten QRS-Komplexen und Asystolien resultieren (19). Das Reynolds-System, das für diese Studie zur Verfügung stand, umfaßte außer dem Recorder den Analysenteil mit Counter und das Kassettendeck (playback).

Die komplizierte Elektronik und vielfältigen Bedienungs-

möglichkeiten bedingen, daß sich der Untersucher für eine gültige Analyse mit dem System intensiv beschäftigen muß (12).

Falsche Bedienung kann vielfältige Fehlermöglichkeiten hervorrufen. Als Beispiel sei hier angeführt, daß die Reglereinstellung für vorzeitig, aberrante und vorzeitig normale Komplexe bei zu sensibler Einstellung falsch positive Ergebnisse bringt.

Dagegen zeigte sich im Umgang mit der Auswerteeinheit Arhyscript 1000 S, daß hier, mit wenigen Einstellungsmöglichkeiten am Gerät, ein einfach zu bedienendes System vorliegt. Es sind keinerlei Kenntnisse in Elektronik und Datenverarbeitung erforderlich.

Das Aufnahmegerät Arhyscript 1000 C nimmt nur eine EKG-Ableitung auf, die großen Holter-Systeme zwei. Dies bedeutet, daß bei einer (z.B. infolge Elektroden-Artefakten) mißlungenen Ableitung diese in jedem Fall wiederholt werden muß. In dieser Studie war jedoch eine Wiederholung aus dem Grund nicht nötig gewesen (16).

Bei sorgfältiger Elektrodentechnik reicht ein Kanal immer aus. Bewiesen ist allerdings in anderen Untersuchungen (3), daß ein 2. Kanal unter anderem hilfreich ist bei Differenzierung des Ursprungs ektopischer Schläge, bei der Unterscheidung SVT/Tachyarrhythmia absoluta, bei der Diagnose von Rechtsschenkelblöcken und bei der Abgrenzung von Arrhythmie und Artefakt.

Auch das Reynolds-System wurde in dieser Studie nur einkanalig verwendet, so daß für diesen Vergleich dieselben Voraussetzungen gegeben waren.

2. Patienten und Methodik

Zum Vergleich der beiden Geräte wurde eine Patientengruppe ausgesucht, die folgendes Spektrum von Herzrhythmusstörungen hatten: Vorhofextrasystolen (SVES), ventrikuläre Extrasystolen (VES), Tachykardien (SVT) und Bradykardien. Der besondere Schwerpunkt der Untersuchung lag auf der Arrhythmiekategorie der Extrasystolen (SVES, VES). Das Patientengut umfaßte 11 Frauen und 6 Männer im Alter von 32 bis 85 Jahren, wobei das mittlere Alter bei 71 Jahren lag. 2 Patienten wurden im Abstand von mehreren Tagen Doppelbestimmungen unterzogen, um den Therapieerfolg nachzuweisen. Bei einer Patientin wurde im Zeitraum von 3 Wochen dreimal ein Langzeit-EKG abgeleitet.

Insgesamt waren es 21 Untersuchungen, die zum Vergleich der beiden Systeme herangezogen wurden.

Die Patienten befanden sich alle in klinischer Behandlung. Beide Aufnahmegeräte wurden simultan angelegt. Insgesamt waren es 5 Elektroden, wobei jeweils zwei in unmittelbarer Nähe, möglichst nahe der Herzachse, auf der Brustwand befestigt wurden. Das Aufnahmegerät Arhyscript 1000 C be-

nötigt drei, der Recorder von Reynolds nur zwei Elektroden (Abb. 2). Vor dem Anlegen der Elektroden war die gründliche Entfettung der Hauptpartien erforderlich, gleichzeitig wurde durch das Reiben eine erwünschte Hyperämisierung erreicht, die zur Haftung der Elektroden beitrug. Die Befestigung über aktiven Muskelpartien wurde vermieden wegen der Gefahr von Elektromyogrammen.

Das Aufnahmegerät von Reynolds konnte ohne weitere Einstellung am Recorder eingeschaltet werden und wurde dann mittels Gürteltasche über der Hüfte des Patienten befestigt. Der Arhyscriptrecorder 1000 C mußte am Patientenbett mit Hilfe eines EKG-Gerätes eingestellt werden, so daß eine möglichst hohe R-Zacke, kleine S-Zacke und möglichst niedrige T-Welle (kleiner als $\frac{1}{3}$ R) resultierte.

Bei allen 21 Patienten wurde bei diesem Aufnahmegerät die empfindlichste Einstellung für Früh- und Spätsystolen gewählt. Eine Aufzeichnung erfolgte, wenn die R-R-Intervalldauer um 70 % kürzer oder um 140 % länger war als die des vorhergehenden Intervalls. Um eine falsch positive Aufzeichnung zu vermeiden, sollte die R-Zackenamplitude bei tiefer Inspiration und Expiration sicher den Schwellenwert überschreiten. Ein atemfrequentes "Pendeln" von R mußte verhindert werden. Mit der Aufforderung an den Patienten, seine Muskeln aktiv anzuspannen, konnte mit dem EKG-Schreiber ausgeschlossen werden, daß ein Muskelartefakt den Schwellenwert erreichte und so zur Aufzeichnung führte.

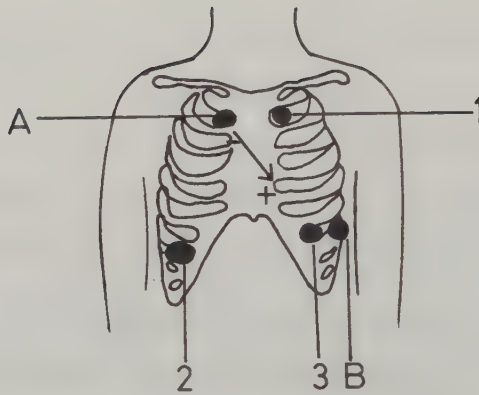


Abb. 2: Elektrodenanordnung

1 u. 3 : Arhyscript 1000, aktive Elektroden

2 : Arhyscript 1000, neutrale Elektrode

A u. B : Pathfinder Elektroden

Die zwei Aufnahmegeräte wurden so am Patienten befestigt, daß sie sich gegenseitig nicht behinderten und dem Patienten eine möglichst große Bewegungsfreiheit ließen, so daß auch bei körperlicher Aktivität eine störungsfreie Aufnahme erfolgte. Nach ungefähr 24 Stunden erfolgte die Abnahme der beiden Aufnahmegeräte. Zunächst wurde die Cassette des Arhyscript 1000 C ausgewertet, weil hier der Zeitraum festgelegt wurde, in dem der Vergleich mit dem Reynolds Pathfinder stattfinden konnte. Mit letztem ist die Überwachungsdauer immer 24 Stunden, wenn nicht das Gerät früher abgenommen wird, mit Arhyscript schwankt die Überwachungszeit zwischen 1 Stunde bei häufigen Extrasystolen und mehreren Stunden (siehe Tabelle 1).

Die Kassettenlaufzeit beträgt bei Arhyscript 1 Stunde. Nach der Aufzeichnung des gesamten Signalinhaltes auf thermosensitivem Registrierpapier wurden zunächst die 15 Minutenmarker gezählt. Dann erfolgt die Quantifizierung von supraventrikulären (SVES) und ventrikulären Extrasystolen (VES).

Zur genauen Klassifizierung wurden einzelne Bandabschnitte auf einem EKG-Geräte ausgeschrieben mit Geschwindigkeiten von 10 mm/s und gewohnter R-Amplitude.

Für einen formanalytischen Überblick im Hinblick auf die Diagnose reichte im allgemeinen eine Analysendauer des Registrierpapiers von ca. 10 min. Für die exakte quantitative Bestimmung der Extrasystolen war je nach deren Häufigkeit Zeitaufwendungen von 1/2 bis 1 Stunde notwendig.

Tabelle 1

Überwachungsdauer mit Arhyscript (AS) 1000

Untersuchungen: n = 21

Std.	Std.	Std.
n ₁ : 1 1/4	n ₈ : 3 1/2	n ₁₅ : 15
n ₂ : 1 1/4	n ₉ : 4 1/4	n ₁₆ : 16
n ₃ : 1 1/4	n ₁₀ : 5 3/4	n ₁₇ : 17
n ₄ : 1 1/2	n ₁₁ : 7	n ₁₈ : 17 1/4
n ₅ : 2	n ₁₂ : 7 1/2	n ₁₉ : 17 1/2
n ₆ : 2 1/4	n ₁₃ : 8 3/4	n ₂₀ : 18 3/4
n ₇ : 3	n ₁₄ : 15	n ₂₁ : 20 1/2

Durchschnittliche Aufnahmezeit: 8 Std. 52 min.

Nachdem das Ergebnis mit Arhyscript 1000 S feststand, wurde die zweite Kassette (C 120) mit Reynolds Medical Pathfinder ausgewertet.

Die Geschwindigkeit der Rückgabe betrug das 60fache der Aufnahme. Magnetisch gespeicherte Informationen wurden zurück in elektrische Signale verwandelt, die am Monitor überwacht werden konnten. Zunächst erfolgte die optimale Einstellung der Auswertungskriterien. Die Triggerschwelle wurde für normale und aberrante Komplexe eingestellt, so daß sie auf halber Höhe der R-Zacke verlief und nicht von T erreicht werden konnte. Die der vollautomatischen Analyse betrug ca. 50 min.

Da aber zum Vergleich ein exaktes Ergebnis nötig war, wurde eine halbautomatische Auswertung zugrundegelegt. Sie verlangte Kontrolle des Monitorablaufes durch den Untersucher. Die Dauer der Analyse betrug so mit Doppelbestimmungen von interessierenden Stellen im Durchschnitt $1 \frac{1}{2}$ Stunden.

Fragliche Ereignisse im EKG-Ablauf und typische Rhythmusstörungen wurden mittels des integrierten EKG-Schreibers einkanalig auf einem 5 cm breiten EKG-Streifen aufgezeichnet.

Durch die Zeitangabe im "Playback" - Teil der Auswerteeinheit war es möglich, die Anzahl der Rhythmusstörungen im gleichen Zeitraum wie beim Arhyscript-System zu ermitteln. Beachtet wurden außer der Rhythmusform die QRS-Morphologie sowie eventuelle ST-Strecken bzw. T-Wellenveränderungen.

3. Analysenergebnisse

3.1 Oberblick

Für einen Vergleich der Analysengeräte der beiden Bandspeicher-EKG-Geräte muß beim Reynolds Pathfinder-System unterschieden werden zwischen der reinen Computeranalyse und der Computeranalyse mit gleichzeitiger visueller Korrektur durch den Untersucher.

Die visuelle Korrektur von den Ergebnissen und Erkennungskriterien, wie Vorzeitigkeit und Aberranz, wurde gemäß dem Eindruck vom Monitorbild vorgenommen.

Hier kam es im überwiegenden Teil der Fälle zu differenter Ergebnissen. Häufig wurden Bewegungsartefakte als Extrasystolen gezählt, besonders wurde dadurch das Ergebnis der supraventrikulären Extrasystolen ungenau (siehe Tabelle 2).

Die Extrasystolen nach visueller Kontrolle konnten nur angenähert quantifiziert werden, da bei dem relativ schnellen Monitorablauf und oft beträchtliche Anzahl der Extrasystolen ein exaktes Mitzählen nicht möglich war.

Bei den Patienten mit supraventrikulären Tachykardien fand sich oft eine sehr hohe Anzeige von Vorhofextrasystolen.

Bei 21 Patienten fand der Computer 4833 SVES, nach visueller Kontrolle blieben 1706.

Tabelle 2

Anzahl (n) der supraventrikulären Extrasystolen mit

Reynolds Pathfinder

Gegenüberstellung von: A Computeranalyse, B Computer-
analyse mit visueller Korrektur.

Patienten	A (n)	B (n)	maßgeblicher Zeitraum (Std)
1	6	1	3 1/2
2	270	17	8 3/4
3	198	198	1 3/4
4	469	-	17 1/2
5	250	240	1 1/2
6	92	90	2 1/4
7	208	200	2
8	150	60	15
9	1600	25	7 1/2
10	80	35	20 1/2
11	100	-	15
12	14	11	7
13	800	500	3
14	109	4	17 1/4
15	50	4	16
16	200	11	18 3/4
17	264	15	4 1/4
18	28	10	1 1/4
19	3300	45	17
20	500	20	1 1/4
21	382	220	5 3/4
Summe	4833	1706	$\frac{B}{A} = 0,35$

Dr Quotient von visueller Analyse (B) und Computeranalyse (A) betrug 0,35. Der Idealwert würde bei 1,0 liegen (3). Falsch positiv waren 3127 SVES (64 %) der Computeranalyse. Falsch negatives Ergebnis konnte keines ermittelt werden.

Die Summe aller ventrikulären Extrasystolen (VES) bei 21 Patienten war nach Computeranalyse 2930. Nach visueller Kontrolle blieben 2537. Der Quotient war in diesem Fall 0,86(siehe Tabelle 3).

Die Relation von visueller Analyse und Reynolds-Computer war also bei dieser Untersuchung besser für die VES als für SVES. Falsch positive Ergebnisse, zum Beispiel das Zählen von Artefakten und Amplitudenschwankungen als Extrasystolen, war seltener. Aber es kamen falsch negative Ergebnisse vor: Eindeutig ventrikuläre Extrasystolen wurden vom Computer nicht als solche erkannt.

Die falsch negative Registrierung beträgt 334. VES(11 %), die falsch positive 724 VES (24,7%). Wird dies nicht beachtet, so können gleich viele falsch positive und falsch negative Erkennungen eine hohe Exaktheit vortäuschen (18).

Gute Korrelation in bezug auf supraventrikuläre Extrasystolen von Computeranalyse und Computeranalyse mit visueller Kontrolle fand sich bei 8 Patienten; bei den ventrikulären Extrasystolen entsprachen sich die Ergebnisse in etwa bei 15 Patienten. Bei den restlichen 6 Untersuchungen kamen zum Teil größere Abweichungen vor.

Tabelle 3

Anzahl (n) der ventrikulären Extrasystolen mit Reynolds

Pathfinder

Gegenüberstellung von: A Computeranalyse, B Computeranalyse mit visueller Korrektor.

Patienten	A (n)	B (n)	maßgeblicher Zeitraum (Std.)
1	7	-	3 1/2
2	1	-	1 1/4
3	450	14	8 3/4
4	239	239	1 1/4
5	2	1	17 1/2
6	8	-	1 1/2
7	348	400	2 1/4
8	240	350	2
9	110	200	15
10	2	1	7 1/2
11	70	1	20 1/2
12	11	-	15
13	430	400	7
14	5	3	3
15	322	300	17
16	370	400	1 1/4
17	140	100	17 1/4
18	48	100	16
19	28	1	18 3/4
20	46	2	4 1/4
21	53	25	5 3/4
Summe	2930	2537	$\frac{B}{A} = 0,8$

Für einen Vergleich mit Arhyscript wurden die annähernd quantifizierten Werte nach visueller Korrektur verwendet. Um eine wissenschaftlich brauchbare Analyse zu erhalten, darf man sich nicht nur auf den Computer verlassen. Auch schon in anderen Studien (3) wurde darauf hingewiesen, daß die visuelle Kontrolle und Korrektur durch einen qualifizierten Bediener (Operator) unerläßlich sind. So wurden auch in dieser Studie die Computerergebnisse, d.h. die Anzeige von SVES und VES, gemäß dem Monitorbild und EKG-Ausschrieb kritisch beurteilt und in 96 % (in 20 von 21 Fällen) auch korrigiert. Die danach erhaltenen Ergebnisse standen für den Vergleich zur Verfügung.

Bei der Auswertung mit Arhyscript (AS) 1000 ist es möglich, exakte Angaben über die Anzahl der supraventrikulären und ventrikulären Extrasystolen zu geben.

Die Gesamtheit der vom Arrhythmiedetektor als pathologisch erkannten Ergebnisse liegt dem Untersucher auf einem thermosensitiven Blatt Papier der Größe DIN A3 mit 30 Zeilen und 10 Spalten vor.

Artefaktbildung verhindert genau wie beim Reynolds-System das Erkennen der möglicherweise hier vorliegenden Rhythmusstörung. Eine stärkere, sich auf kurze Abschnitte, ca. 6 - 9 R-R-Intervalle, überwiegend durch Bewegungsunruhe hervorgerufene Verzerrung des EKG-Diagramms trat nur bei 3 Untersuchungen auf.

Nach gutem Befestigen der Elektroden ist beim Arhyscript-

system mit 86 % fast artefaktfreier Aufzeichnung zu rechnen. Je nach Amplitudeneinstellung betrug die Höhe der R-Zacke 0,3 - 0,8 cm, wobei einer mittleren Einstellung der Vorzug gegeben wurde, da sich so die Signale der oberen und unteren Reihe nicht behindert haben. Da die R-Zacke beim Aryschriftsystem der wichtigste Parameter des Bandspeichers ist, ergibt sich daraus auch die Indikation zu Untersuchungen bei Extrasystolen, Bradykardie und Tachykardie. Von 21 Untersuchungen erfolgte dreimal die Aufzeichnung wegen Bradykardie. Davon kamen bei zwei Patienten häufige Pausen vor.

Supraventrikuläre Tachykardien mit Frequenzen über 140 waren bei zwei Untersuchungen der alleinige Grund der Aufzeichnung. Die übrigen Bandinhalte waren zum größten Teil (80 %) durch Extrasystolen bedingt. In einem Fall kamen längere falsch positive Aufzeichnungen vor. Vorübergehende Verlagerung der Herzachse durch Bewegung des Patienten, so daß die R-Zacke um den Schwellenwert pendelte, ließen den Arrhythmiedetektor "Aussetzer" annehmen. Es folgte die Ereignisschreibung, durch welche eine Rhythmusstörung sofort ausgeschlossen werden konnte. Bei zwei Patienten konnte formanalytisch ein Schenkelblockbild diagnostiziert werden. Abbildung 3 a zeigt die derartige Veränderung auf dem Registrierpapier mit mehreren SVES.

Eine Vorhofextrasystole ist in Abbildung 3 b in einem Ausschrieb einer Sequenz von QRS-Komplexen mit einem Ein-

kanalschreiber zu sehen.

Das differenzierte EKG-Signal, das für die exakte Einstellung der R-Zacke über den Schwellenwert notwendig ist, wurde zu Beginn der Untersuchung abgeleitet. Ein Ausschnitt dieser Ableitung ist mit einer SVES in Abbildung 3 c dargestellt. Da in diesem Fall die S-Zacke zu nahe an den Schwellenwert reichte, wurden die zwei aktiven Elektroden umgetauscht. Dies führt zwar zu einer invertierten, aber für die Analyse der Rhythmusströmungen durchaus brauchbaren EKG-Darstellung. Der DIN A 3-Bogen wurde bei 14 von 21 Untersuchungen bis zur letzten Zeile mit EKG-Signalen ausgefüllt. Bei den restlichen 7 Patienten war schon vor Ablauf der Kassette die Aufnahme unterbrochen. Davon beendete bei 2 Patienten der Untersucher die Bandspeicherung. Bei den restlichen 4 war eine Schwäche der Batterie, trotz vorhergehender optimaler Ladung des Akkus, als Ursache anzusehen. Dieses trat aber erst nach ca. 17stündiger Überwachung auf, war also für die Auswertung bei insgesamt 21 Patienten nicht von großer Bedeutung und nur mit ein Grund, warum ein 24stündiger Betrieb des Aufnahmegerätes nicht ein einziges Mal zustande kam. Man muß davon ausgehen, daß bei größerem Patientengut in einigen Fällen innerhalb von 24 Stunden gefährliche Rhythmusstörungen auftreten, die bei kürzerer Überwachung der Diagnose entgehen. Oft reichen in diesen Fällen auch 24 Stunden nicht aus. Die Überwachung müßte hier über Tage durchgeführt werden.

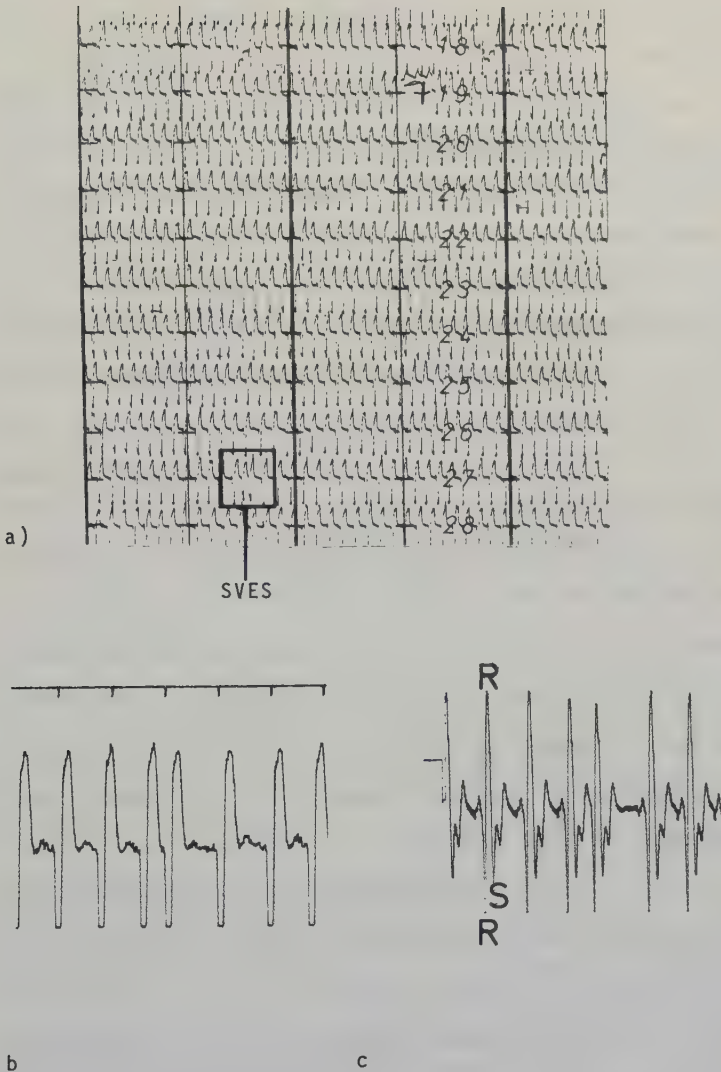


Abb. 3: a) Ausschnitt des Registrierpapiers von Arhyscript
 b) Ausschrieb mit Einkanalschreiber
 c) Einstellung der R-Zacke über den Schwellwert
 LZEKG einer Patientin mit Schenkelblock und Vorhofextrasystolen (Invertierte Elektrodenlage).

Zu Beginn der Analyse des Bandinhaltes stand die Bezeichnung des Blattes unmittelbar nach der Entnahme aus dem Auswertgerät mit der Patientenidentifizierung, dem Startzeitpunkt der Überwachung und Beschriftung der 15 Minuten-Rechtecksignale. Positiv zu bewerten war das schnelle Erkennen der Frequenz zu jedem Zeitraum der Überwachung durch Auszählen der R-Zacke in einer halben Spalte. Durch die dazugegebene Zeitinformation war es möglich, auf einen Blick zu sehen, zu welcher Uhrzeit der Patient stärkeren Belastungen ausgesetzt war.

Die Kriterien zur Erkennung von Extrasystolen waren für den Untersucher die Vorzeitigkeit, d.h. eine Verkürzung des R-R-Intervalls und die Aberranz, welche an einer Verbreiterung des QRS-Komplexes erkannt werden konnte.

Diese Kriterien waren bei 81 % (17 von 21) der Untersuchungen ausreichend zur Klassifizierung der Extrasystolen.

Bei den übrigen 4 Untersuchungen wurde die Klassifizierung erschwert durch das Vorkommen von polytopen Extrasystolen.

Die Frage, ob SVES oder VES, konnte selbst durch das Heraus Schreiben der interessierenden Stellen oft nur ungenügend geklärt werden.

Die P-Welle, ein entscheidender Faktor bei der Diagnose von Extrasystolen, war im Gegensatz zum Reynolds Pathfinder-System nicht in allen Fällen direkt erkennbar, sondern wurde von Myogrammen überlagert.

Hier wurde mit dem Einsatz eines Muskelfilters versucht, Klärung zu schaffen. An anderer Stelle wird darauf noch hingewiesen.

Insgesamt wurden bei 21 Patienten 1930 supraventrikuläre Extrasystolen gefunden, beim Reynolds-System war der Wert annähernd quantifiziert 1706.

Beim Arhyscript war die Summe aller ventrikulären Extrasystolen 3523, dagegen beim Pathfinder 2537, wieder annähernd quantifiziert.

Bildet man den Quotienten von den Werten beider Systeme, betrug die Relation

$$\Sigma \text{ SVES Reynolds:}$$

$$\Sigma \text{ SVES Arhyscript} \sim 0,88.$$

Für VES gilt

$$\Sigma \text{ VES Reynolds:}$$

$$\Sigma \text{ VES Arhyscript} \sim 0,72.$$

Dies gibt für die Gesamtheit der Extrasystolen einen groben Überblick zum Vergleich der beiden Geräte, wenn man einen Idealwert von 1,0 annimmt.

Die ventrikulären Extrasystolen weisen eine weit größere Abweichung auf, die besonders durch 3 von 21 Untersuchungen verursacht wurden. Im nachfolgenden Abschnitt folgt eine mögliche Begründung für die Diskrepanz.

3.2 Fallbeschreibung - Kasuistik

Im ersten Fall handelt es sich um eine 43jährige Patientin, die sich im Zustand nach einer 3 Wochen vorher stattgefundenen Herzwandaneurysmaoperation befand. Außer leichten Palpitationen über der Herzgegend hatte sie keine weiteren Beschwerden. Der Blutdruck am Tag der Langzeit-EKG-Untersuchung betrug am rechten Arm 110/70. Die Patientin befand sich noch in klinischer Behandlung zur Nacherholung.

Der Zeitraum der Überwachung lief von 18.00 - 11.15 Uhr; insgesamt also 17 1/4 Stunden.

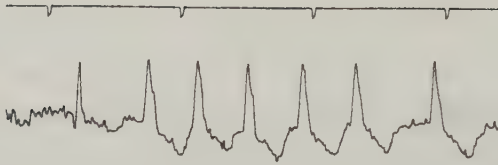
Bei der Auswertung des Arhyscript-Ausschriebs auf thermosensitivem Papier fielen zahlreiche, verbreitete QRS-Komplexe auf, die überwiegend singulär auftraten. Da in der Mehrzahl der Fälle keine Vorzeitigkeit nachgewiesen wurde, konnte das auch nicht der Grund für ein Ansprechen des Arrhythmiedetektors sein, sondern die Ursache war eine erhebliche Reduktion der Amplitude, so daß der Arrhythmiedetektor Aussetzer annahm.

Zweimal konnte ein Couplet und einmal eine Salve, bestehend aus 6 der aberranten Komplexe, nachgewiesen werden (Abbildung 4 a). Der Untersucher nahm daraufhin ventrikuläre Extrasystolen an, die teilweise interponiert auftraten. So wurden 246 VES gezählt und 4 SVES.

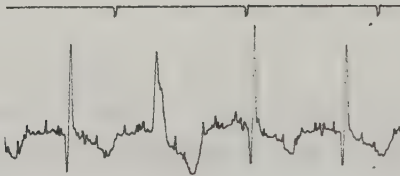
Die Analyse mit Pathfinder brachte dann eine Klärung. Im gleichen Zeitraum, also in 17 1/4 Stunden, fanden sich 100 ventrikuläre Extrasystolen nach Computeranalyse mit visueller Kontrolle. Außerdem wurden etwa 150 fehlgeleitete, verbreitete Vorhofkomplexe gezählt, die an der vorangehenden P-Welle am Monitor und dann auf dem EKG-Ausschrieb erkannt werden konnten (Abbildung 5 a). Eine ventrikuläre Salve wurde weder vom Computer noch vom Untersucher diagnostiziert.

Eine Herausschreibung der vom Arrhythmiedetektor des Arhyscript-Systems als pathologisch erkannten Signale mit einem EKG-Gerät brachte durch Überlagerung von Myogrammen nicht oder nur andeutungsweise eine Erkennung der P-Welle. Die Anwendung eines normgerechten Muskelfilters (Wirkungsbereich von 30 Hz bis 3 dB) ergab bei dieser Patientin ein besseres Bild, so daß vor einigen verbreiteten Komplexen eine P-Welle sichtbar gemacht werden konnte (Abbildung 4 b und c).

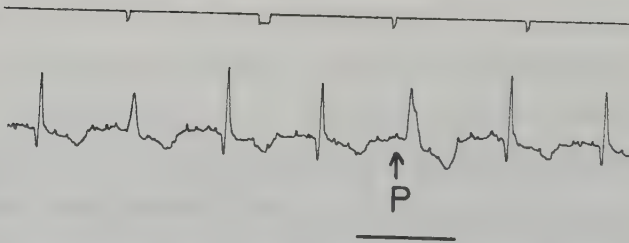
Auf der Übersicht bleibt es aber schwierig, einen fehlgeleiteten Vorhofkomplex von einer ventrikulären Ektopie zu unterscheiden. Die Frage, ob ventrikuläre Extrasystole oder fehlgeleiteter Vorhofkomplex, die sich bei Durchsicht des Arhyscript-Ausschriebs dieser Patientin stellt, kann jedoch durch folgende Überlegung zur Annahme von fehlgeleiteten Vorhofsystolen führen, falls die Identifizierung der P-Welle Schwierigkeit bereitet: Die fehlende Vorzeitig-



a)

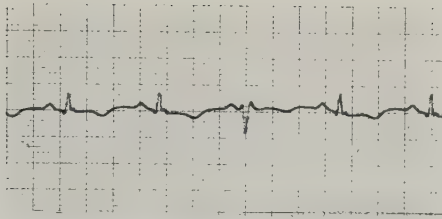


b)

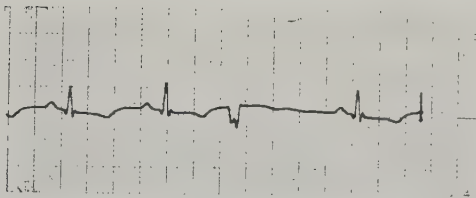


c)

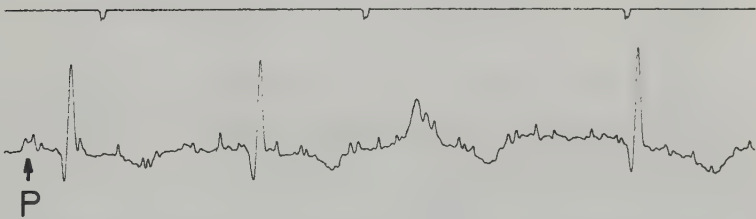
- Abb. 4: a) Salve, herausgeschrieben aus dem Registrierpapier des Arhyscript-Auswertegerätes
- b) Aberranter Komplex derselben Patienten (Ausschrieb ungefiltert)
- c) Derselbe aberrante Komplex (unterstrichen) wie in Abb. 4 b. Diesmal die P-Welle, nach Einsatz eines Muskelfilters, deutlicher zu erkennen.



a)



b)



c)

Abb. 5: a) Fehlgeleiteter Vorhofkomplex
b) Ventr. Extrasystole bei derselben Patientin. Beides Aufnahmen mit Reynolds-Pathfinder
c) Wieder gleiche Patienten, Darstellung eines vorzeitigen aberranten Komplexes.
Mit EKG-Gerät herausgeschrieben auf dem Registrierpapier von Arhyscript.

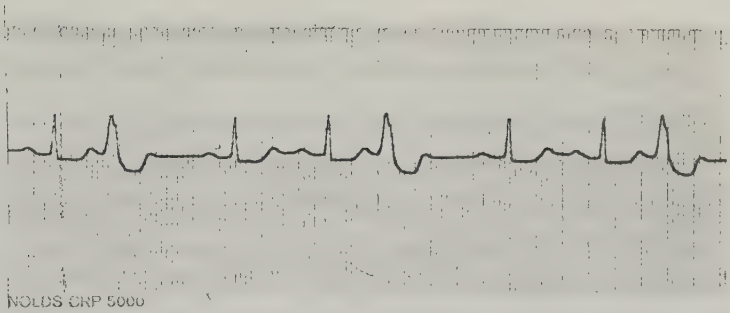
keit der häufigen aberranten Komplexe, bei einer Frequenz von 70-80, spricht weniger für interponierte, ventrikuläre Ektopien als für fehlgeleitete Vorhofkomplexe.

2. Fall

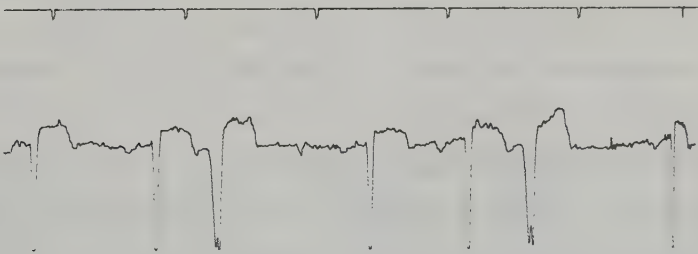
Die zweite Patientin, 80 Jahre alt, ebenfalls in klinischer Behandlung, wurde eingewiesen, unter der Verdachtsdiagnose intermittierende Sinustachykardie bei Hyperthyreose. Die Medikation war zur Zeit der Untersuchung auf Adalat und Neothyreostat beschränkt. Der Blutdruck war am Tag der Untersuchung 155/65. Die Überwachung mit Arhyscript dauerte nur 2 Stunden wegen der häufigen Rhythmusstörungen. Es fanden sich bei der Auswertung überwiegend singuläre, verbreiterte, vorzeitig einfallende Komplexe. Sie konnten als ventrikuläre Ektopien klassifiziert werden, die zeitweise in Trigeminusform auftraten.

Insgesamt war die Summe aller VES: 722.

Nicht verbreiterte QRS-Komplexe, die vorzeitig einfielen, wurden als supraventrikuläre Extrasystolen identifiziert. Beim Herausschreiben einzelner Sequenzen konnte bei den VES mehrmals ein R auf T-Phänomen festgestellt werden (Abbildung 6).



a)



b)

Abb. 6: R auf T-Phänomen

a) mit Reynolds-Pathfinder

b) mit Arhyscript (invertierte Elektrodenlage)

Die Auswertung mit Reynolds Pathfinder ergab den annähernd quantifizierten Wert für VES von $n = 350$. Die Häufung von Artefakten besonders am Anfang der Kassette, z.B. durch Geschwindigkeitsschwankungen und dadurch der vorübergehende Stop der Analyse, kann hier als Ursache des wesentlich niedrigeren Wertes betrachtet werden. Über die Morphologie der VES kann bei beiden Geräten durch die komplexe Verformung auf verschiedene Ursprungsorte der Ektopie geschlossen werden.

Einige Tage später wurde bei derselben Patientin noch einmal ein Langzeit-EKG angeordnet, um die Erfolge der antiarrhythmischen Therapie nachzuweisen.

Mit Arhyscript war jetzt ein deutlicher Rückgang der VES auf 589 und der SVES auf 21 zu erkennen. Mit Reynolds Pathfinder erhöhte sich die Zahl der VES, semiautomatisch ermittelt, auf $n = 400$.

Hier war der Zeitraum der Überwachung $1 \frac{1}{4}$ Stunden. Mit Arhyscript waren gerade bei so kurzer Überwachung exaktere Werte zu erreichen. Oft leuchtete bei der Auswertung mit Pathfinder während der ersten 2 Stunden die Leuchtanzeige "speed error" auf. Durch diese Störungen der Analyse sind wie in diesem Fall leichte Diskrepanzen der Ergebnisse möglich.

Noch ein drittes Mal wurde bei dieser Patientin ein Langzeit-EKG abgeleitet. Diesmal war zusätzlich zu Beloc mite 50 Rhytmonorm eingesetzt worden.

Jetzt lief die Überwachung mit Arhyscript 5 3/4 Stunden. Schon das ist ein Zeichen für Besserung der Rhythmusstörung. Die Anzahl der VES mit Arhyscript war diesmal $n = 28$, die der SVES $n = 200$.

Mit Pathfinder kam ein gut übereinstimmendes Resultat zum Tragen, von VES annähernd quantifiziert $n = 25$ und SVES = 220.

R auf T war mit beiden Geräten trotz der Therapie noch nachzuweisen. Die Frequenz schwankte zwischen 50 und 60. Häufig traten jetzt Pausen auf. Eine ST-Streckensenkung blieb bei allen 3 Untersuchungen unbeeinflussbar. Sie war gut zu erkennen am Monitor und EKG-Ausschrieb von Reynolds Pathfinder. Auf dem Registrierbogen von Arhyscript, wo die gesamten Signale in Kleinstformat aufgezeichnet wurden (Amplitude der R-Zacke ca. 3-4 mm), war es schwierig, die ST-Senkung zu diagnostizieren. Jedoch konnte nach dem Ausschreiben eines Teiles mit normalem Einkanalschreiber diese Morphologieänderung festgestellt werden.

3. Fall

Bei diesem Fall, wo es ebenfalls zu verschiedenen Ergebnissen mit beiden Systemen kam, handelt es sich um einen 68jährigen Patienten, der wegen Abklärung von Herzrhythmusstörungen in klinischer Beobachtung war.

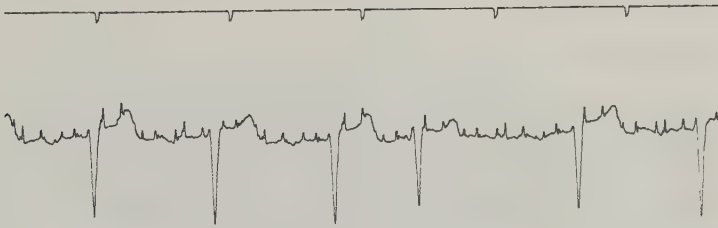
Zum Zeitpunkt der Langzeit-EKG-Untersuchung war der Blutdruck des Patienten 130/90.

Außer Adalat bekam er keine herzwirksamen Medikamente. Die Überwachungsdauer mit Arhyscript, begrenzt durch die einstündige Kassettenlaufzeit, ergab eine Überwachungsdauer von 2 1/4 Stunden. Häufige Extrasystolen führten zu der immer nur kurz unterbrochenen Aufnahme.

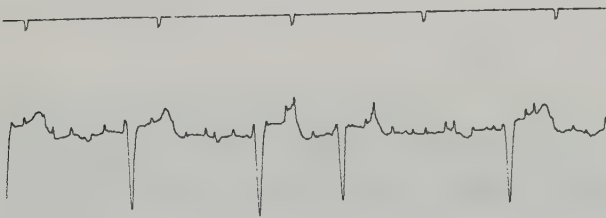
Der Untersucher fand beim Durchsehen des Registrierpapiers verschiedene Arten verbreiteter QRS-Komplexe, die sich durch die Amplitudengröße der R-Zacke unterschieden. Dies führte zur Diagnose: singuläre, polytope, ventrikuläre Extrasystolen, teilweise in Bigeminusform vorkommend. Die quantitative Bestimmung ergab VES : 72 und außerdem zahlreiche, eindeutig als SVES klassifizierte Vorhoferregungen (SVES: 440). Das Ausschreiben mit EKG-Gerät zeigte frühzeitig einfallende Vorhofextrasystolen (siehe Abbildung 7).

Ein negatives T war gut sichtbar. Die P-Welle war jedoch wegen Schwankungen der Grundlinie, bedingt durch Muskelartefakte, schwer zu erkennen. Die Anwendung eines Muskelfilters brachte keine entscheidende Besserung. Auf stärkere, elektronisch natürlich mögliche Filterung wurde verzichtet.

Mit Reynolds Pathfinder erhielt der Untersucher ein anderes Resultat: Vom Computer wurden 350 ventrikuläre Ektopien erkannt. Semiautomatisch, d.h. mit visueller Kontrol-



a)



b)

Abb. 7: Supraventrikuläre Extrasystole
mit Arhyscript aufgenommen

a) ohne Muskelfilter

b) mit Muskelfilter

Invertierte Elektrodenlage

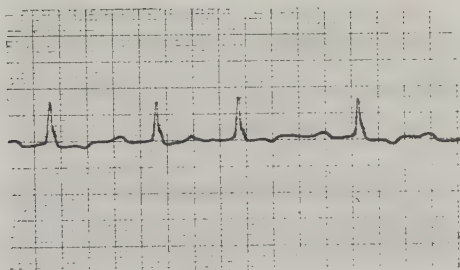
le, wurde das Ergebnis auf VES = 400 erhöht. Es handelte sich um singuläre, polytope ventrikuläre Extrasystolen. Ein Beispiel dafür gibt Abbildung 8.

Die aberranten Komplexe waren bis auf wenige typische (mit Arhyscript VES : 72) Ektopien schlecht auf dem Arhyscript-Registrierpapier und Einkanalausschrieb zu erkennen. Die Ursache lag in der mangelnden Darstellung der P-Welle im gesamten Ausschrieb. so fehlte ein wichtiges Kriterium zur Unterscheidung von SVES und VES.

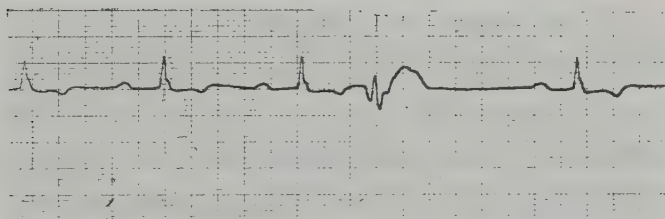
Couplets wurden ebenso wie mit Arhyscript nicht festgestellt. Die starke Artefakthäufung am Anfang der Kassette erschwerten die Analyse mit dem Pathfinder.

Supraventrikuläre Extrasystolen mit dem Reynolds-System wurden n = 90 semiautomatisch ermittelt. Die Diskrepanz zu Arhyscript (SVES = 440) beruht in diesem Fall auf einer Fehlentscheidung des Untersuchers beim Klassifizieren der Extrasystolen anhand des AS-Registrierpapiers: Die meisten VES, bis auf 72 typisch geformte, wurden zu SVES gezählt. In den übrigen Fällen dieser Studie wurde eine derartige Diskrepanz in der Diagnose mit großem Abstand nicht mehr erreicht.

In nur 4 Fällen von 21 war es jedoch schwierig, wegen dem Vorkommen polytoper VES, allein von Ansicht des Registrierpapiers zu entscheiden, ob SVES oder VES. Wenn die Ableitung arm an Muskelartefakten war, gelang durch ein Herausschreiben mit Einkanalschreiber die Klassifizierung.



a)



b)

Abb. 8: EKG-Bilder eines Patienten mit Reynolds-System aufgenommen

a) Supraventrikuläre Extrasystole

b) Ventrikuläre Extrasystole

Die divergierenden Ergebnisse in 3 Fällen wurden nach Klärung durch den Pathfinder für die Bestimmung des Korrelationskoeffizienten nicht korrigiert, sondern die mit Arhyscript ermittelten Werte wurden für ein objektives Ergebnis so belassen, wie sie vor der Auswertung mit dem Pathfinder bestimmt worden waren.

Da es in 17 von 21 Fällen zu guter Übereinstimmung kam, sei hier noch ein Beispiel hoher Korrelation angeführt.

4. Fall

In diesem Fall handelt es sich um eine 79jährige Patientin. Bei ihr bestand eine kompensierte Linksinsuffizienz, außerdem Zustand nach Apoplex. Zur Therapie aufgetretener Rhythmusstörungen bekam sie zur Zeit der Langzeit-EKG-Untersuchung ein Antiarrhythmikum (Beloc). Der Blutdruck war 130/80.

Der Zeitraum der Überwachung betrug 3 Stunden mit dem Arhyscriptsystem. Die Aufnahme auf dem Registrierpapier war vorbildlich artefaktfrei. Der Arrhythmiedetektor erkannte 513 Vorhofextrasystolen und eine ventrikuläre Extrasystole.

Im Ausschrieb mit dem EKG-Gerät war es trotz Überlagerung der Grundlinie von Myogrammen möglich, die P- und T-Welle zu identifizieren.

Im selben Zeitraum kam es mit dem Reynolds-System zu dem Ergebnis von 500 SVES und 3 VES. Die relativ kurze Überwachungszeit reichte hier im speziellen, wie auch in den anderen Fällen, aus, um eine Diagnose zu stellen.

In ~ 21 Stunden zählte der Untersucher semiautomatisch mit dem Reynolds-System 3500 SVES und 16 VES.

Man sieht, daß die Werte aus 3 Stunden einen guten diagnostischen Einblick geben. Die 24 Stunden-Norm ist kein absoluter Maßstab.

Mehrere Arbeitsgruppen haben bereits nachgewiesen, daß die hohe Spontanvariabilität sowohl einfacher als auch komplexer ventrikulärer Rhythmusstörungen oft eine Überwachungsdauer von wesentlich mehr als 24 Stunden notwendig machen, um potentiell lebensbedrohliche Arrhythmien zu erkennen (7, 10, 13).

Dieser letzte Fall wurde stellvertretend für die Mehrzahl (85,7 %) der Gegenüberstellungen der Ergebnisse beider Geräte dargestellt.

3.3 Die Korrelation der Ergebnisse

Um ein optisches Maß für Übereinstimmung zu schaffen, wurde für jeden Patienten einmal für SVES und einmal für VES in einem Diagramm ein Punkt ermittelt, wobei Abszisse und

Ordinate jeweils die Anzahl (n) der Extrasystolen mit Arhyscript und Reynolds-System darstellten (Abbildung 9 und 10).

Für VES kam es zur stärkeren Streuung der Gerade, die für eine Näherung willkürlich gelegt wurde.

Um ein exaktes Beziehungsmaß zu bekommen, war die Bestimmung des Korrelationskoeffizienten unumgänglich. Die Beobachtungsreihe umfaßte die Extrasystolen. Die Wertepaare x_i und y_i standen für Arhyscript und Reynolds Pathfinder.

Da von einer eindeutigen Zuordnung nicht ausgegangen werden konnte, d.h., es konnte nicht festgelegt werden, ob x oder y die unabhängige Veränderliche war, so konnte die Regressionsrechnung zwar angewandt werden, aber die Bestimmung des Korrelationskoeffizienten mußte hinzugenommen werden. Für die Gleichung der Regressionsgeraden wird angesetzt:

$$Y = a + b x \quad (17)$$

wobei y der Regressionswert zu x ist, a der Abschnitt auf der Ordinatenachse, b das Steigungsmaß der Geraden. Die linearen Regressionsgeraden sind dargestellt in Abbildung 11 und 12.

Bei beiden Bestimmungen stand x_i für SVES und im anderen Fall VES mit Arhyscript gemessen und y_i mit Pathfinder. Im Anhang sind die zur Ausrechnung des Korrelationskoeff-

fizienten der SVES benötigten Werte. Die Koeffizienten a und b müssen so bestimmt werden, daß die Abweichung der $\bar{y}_i$, d.h. der jeweiligen Durchschnittswerte der y_i , von der Regressionsgröße möglichst klein wird (17).

Mit $y_i = a + b x_i$ muß die Summe

$\sum N_i (\bar{y}_i - a - b x_i)^2$ ein Minimum werden.

N_i ist die Zahl der Beobachtungen y_i für den unabhängigen Wert x_i , in diesem Fall 21. Bei Ausrechnung des Regressionskoeffizienten, der das Steigungsmaß b der Geraden darstellt, wurde für die SVES ermittelt:

$b = S_{xy} / S_{xx} = 0,7068$, für die VES: $b = 0,554$.

Für den Abschnitt auf der Ordinatenachse a wurde für SVES errechnet: $a = \bar{y} - b \bar{x} = 16,28$, für VES: 27,899.

Das Quadrat des Korrelationskoeffizienten ist das Bestimmtheitsmaß. Es kann Werte zwischen Null und Eins annehmen. Für SVES war das Bestimmtheitsmaß (B) 0,7018, für VES 0,631.

B liegt um so dichter bei Eins, je enger der Zusammenhang zwischen beiden Veränderlichen ist. (17).

Aus dem Bestimmtheitsmaß ergab sich der Korrelationskoeffizient für SVES : 0,8377 und für VES : 0,795.

Die erwähnten stärker abweichenden Ergebnisse bei den ventrikulären Extrasystolen führten zu einem geringeren Korrelationskoeffizienten.

Um zu prüfen, ob B nur zufällig von Null abweicht, wurde ein Prüfverfahren aus der Streuungszerlegung abgelei-

let (siehe Anhang). Mit Hilfe der Prüfgröße t , die nach der Formel $t^2 = (N - 2) B / (1 - B)$ errechnet wurde und einer angenommenen Sicherheitsschwelle P von 5 % wurde $B_{5\%}$ ermittelt (17).

Für die SVES ergab sich der Wert 0,0932, für VES 0,0788. So ist erwiesen, daß die Abweichung gesichert ist, da das errechnete Bestimmtheitsmaß $B_{SVES} = 0,7018$ größer als $B_{P\ 5\ \%} = 0,0932$ und $B_{VES} = 0,631$ größer als $B_{P\ 5\ \%} = 0,0788$ ist.

Da die Werte a und b der Gleichung $Y = a + b \cdot x$ jetzt durch die Ausrechnung bekannt waren, konnte nach Errechnung von Y die Regressionsgerade gezeichnet werden (Abbildungen 11 und 12).

Mit den beiden Korrelationskoeffizienten um 0,8 (SVES 0,8377, VES 0,795) wurde ein relativ hohes Maß an Übereinstimmung in der Quantität der Extrasystolen erreicht.

Abb. 9



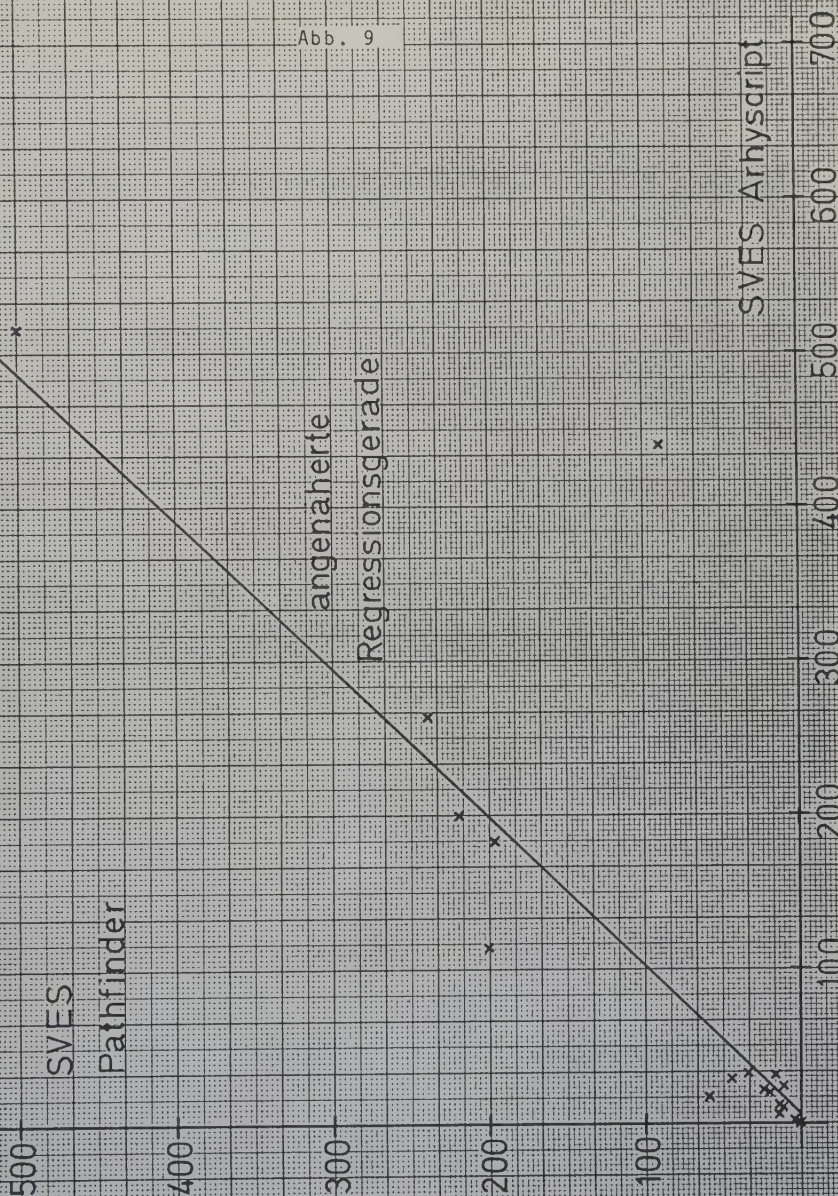
SVES

Pathfinder

angenehme

Regressionsgrade

SVES Arhyscript



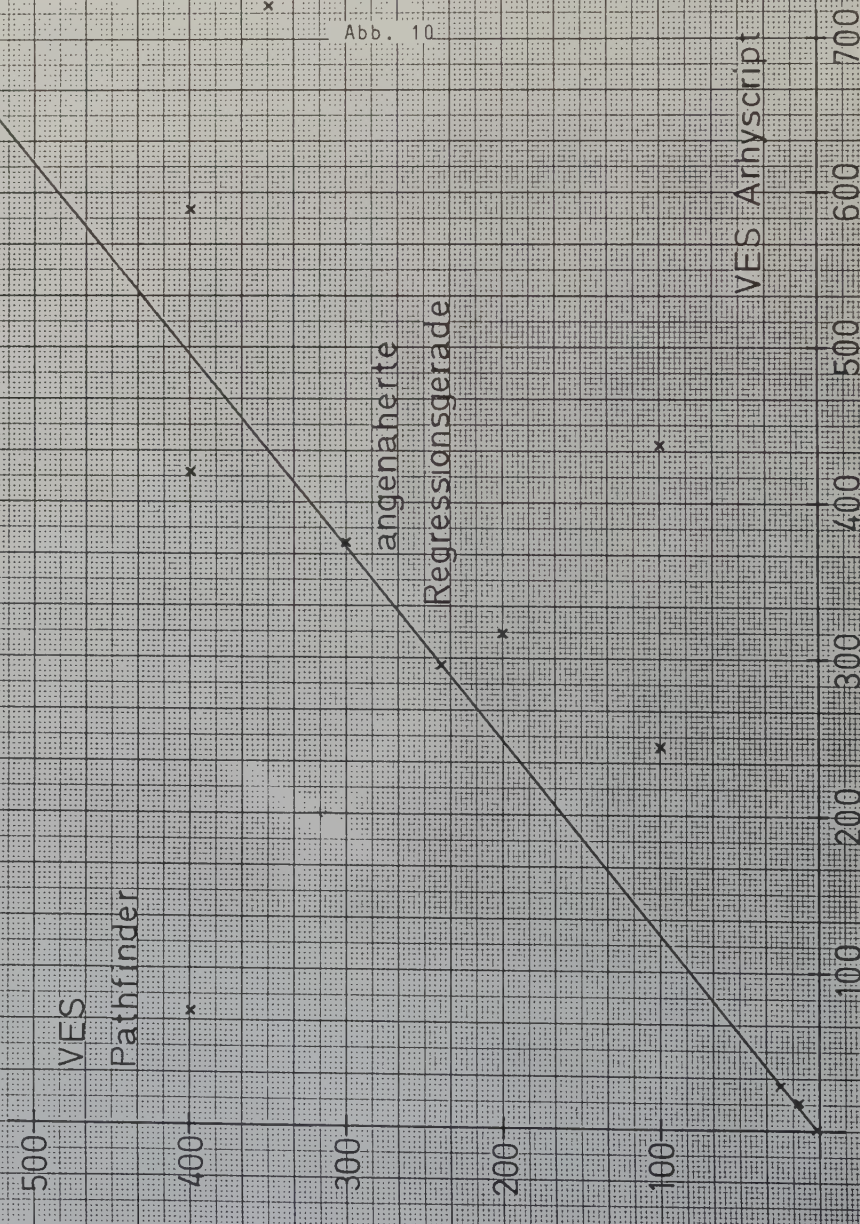
Quantitative Analyse der VES mit beiden Geräten

VES
Pathfinder

VES Arhyscript

Abb. 10

angenäherte
Regressionsgerade



Quantitative Analyse der VES mit beiden Geräten, ein Vergleich der Ergebnisse

VES
Pathfinder

VES Arhyscript

lineare
Regressionsgerade

500

400

300

200

100

100

200

300

400

500

600

700

- 51 -

- Abb. 11 -

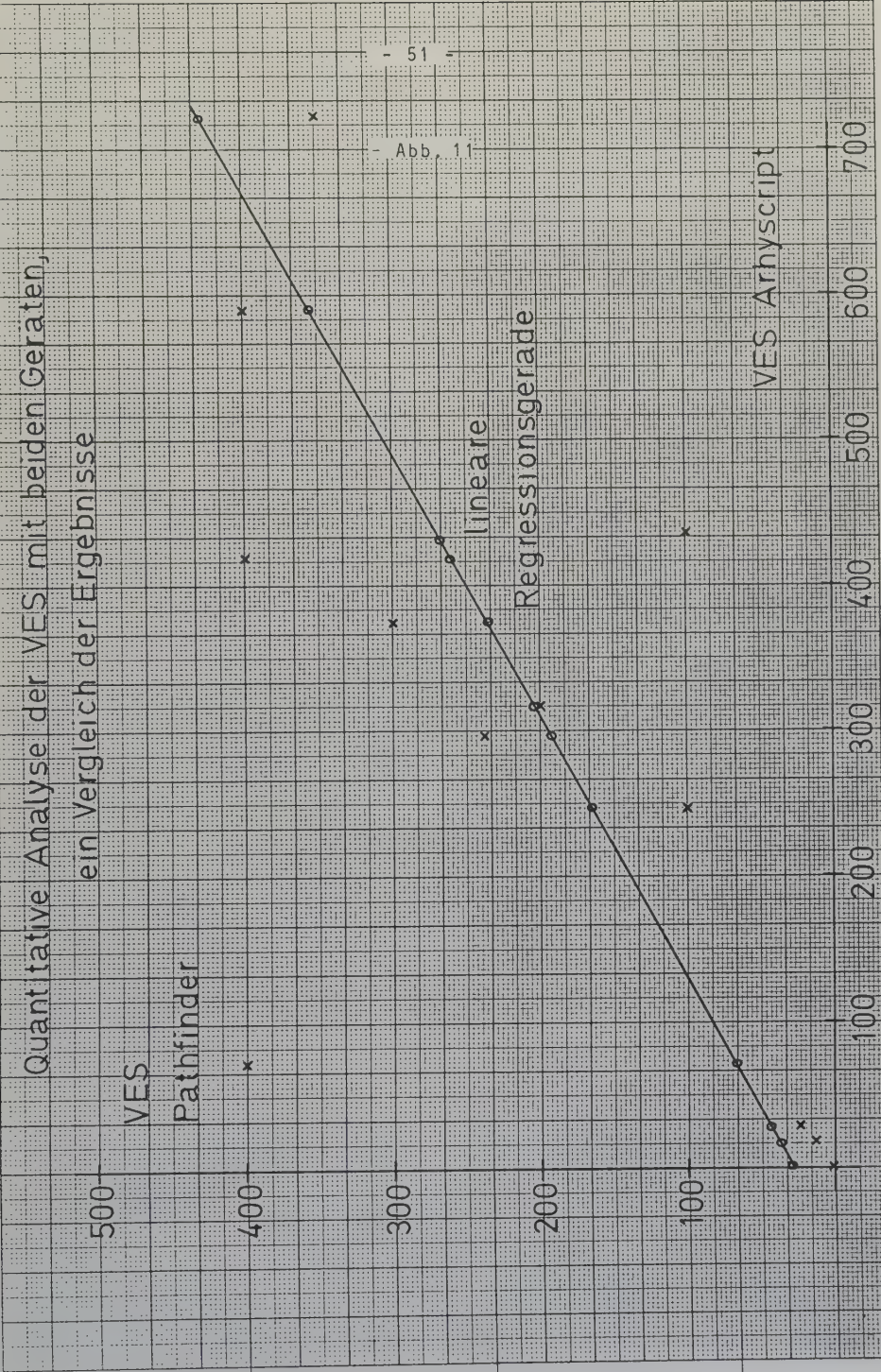


Abb. 12

Quantitative Analyse der SVES mit beiden Geräten,
ein Vergleich der Ergebnisse.

SVES
Pathfinder

SVES Arhyscript

lineare
Regressionsgerade

500

400

300

200

100

100

200

300

400

500

600

700

4. Diskussion

Die Langzeitelektrokardiographie stellt heute ein Routineverfahren in der Diagnostik und Therapie der Rhythmusstörungen der kardiologischen Praxis dar.

Die Forderung nach hoher Aufzeichnungsqualität und Analysengenauigkeit ist groß. Daneben soll jedoch der Zeit- und Personaleinsatz für eine qualifizierte Bandanalyse vertretbar sein. So befindet sich mit dem Arhyscript 1000-System ein Gerät auf dem elektromedizinischen Weltmarkt, das versucht, dieses Problem zu lösen.

Die Reduktion der Datenmenge bringt eine Zeitersparnis mit sich. Es werden nur noch pathologische Aufzeichnungen einer Diagnose zugeführt. Gut gelöst ist das Problem dadurch, daß nur die R-Zacke und somit auch das R-R-Intervall bei Meßabweichung zur Aufnahme führen.

Der Verzicht auf komplizierte Elektronik macht sich in Praktikabilität bemerkbar. Für ein Großteil der Untersuchungen (81 %) hat sich das Gerät zur Erfassung von Rhythmusstörungen als ausreichend erwiesen. Zu einer gewissen Sensitivitätseinschränkung kommt es nur bei fehlender Vorzeitigkeit einer Ektopie. Hier kann es zur falsch negativen Diagnose kommen. In dieser Studie hat sich aber gezeigt, daß eher mehr Rhythmusstörungen exakt quantifiziert werden können als mit Reynolds Pathfinder-System, wo es durch die Artefakthäufigkeit zur enormen Verfälschung der

Computerergebnisse kommen kann.

Könnte die Computeranalyse unkorrigiert übernommen werden, wäre hier natürlich ein großes Plus gegenüber Arhyscript vorhanden, bei dem die quantitative Erfassung von Daten einen größeren Zeitaufwand erfordert.

Die Holter-Auswertsysteme haben einen beachtlichen technischen Stand hinsichtlich der Klassifizierung und Quantifizierung der verschiedenen Arten von Rhythmusstörungen erreicht. Angesichts der enormen Komplexität und teilweise fließenden Übergänge der verschiedenen Kriterien wird jedoch niemals eine absolute Sicherheit für eine richtige Erkennung gegeben sein.

Da Langzeit-EKGs kaum ohne Artefakte gespeichert werden, ist dies bei allen Systemen ein nicht zu unterschätzendes Problem. Die Unterscheidung zwischen Artefakten und Rhythmusstörungen ist für den Computer schwierig, häufig sogar unmöglich (16), wie es sich auch bei diesen Untersuchungen gezeigt hat.

Von 4833 vom Computer gezählten SVES blieben nach visueller Kontrolle nur $n = 1706$. In dieser Studie war nicht die technische Möglichkeit zur Überprüfung der exakten Quantifizierung und Klassifizierung der Computeranalyse gegeben.

Die endgültigen Werte wurden durch Sichtdiagnose des Monitorbildes und des EKG-Ausschriebes angenähert quantifiziert, wie es auch bei Routineuntersuchungen gehandhabt

wird. Supraventrikuläre Extrasystolen wurden in dieser Untersuchung vom Reynolds-System nicht übersehen. Dies wurde auch schon in anderen Studien erkannt und beschrieben (9, 3).

Die zu häufige Zählung der SVES wird in der Literatur mit 18 % beschrieben (9). In unserem Untersuchungsgut kam es in 64 % zu falsch positiver Zählung. Dies war besonders der Fall im Anschluß an Bigeminussequenzen und während supraventrikulärer Tachykardien.

Bei letzterem trat die falsch positive Computerzählung hauptsächlich zu Beginn der tachykarden Phase auf. Die Umstellung der Vorzeitigkeit auf kürzere R-R-Intervalle braucht beim Pathfinder eine gewisse Zeit, so daß hier falsch positive Zählung möglich ist. In anderer Literatur wurde sogar mit Computeranalyse eine 11mal so hohe Anzahl an SVES erreicht, als mit semiautomatischer Analyse zu identifizieren war (3).

Für VES wurde bei den 21 Untersuchungen eine falsch negative Registrierung von 11% ermittelt. Im Einzelfall kann sie aber höher sein, besonders bei geringer Vorzeitigkeit wurde in einem Fall eine Nichterfassung von 50 % erreicht. In der Literatur ist ebenfalls eine falsch negative Registrierung von über 40 % beschrieben worden (9).

Diese Ergebnisse zeigen, daß sich der Arzt nie kritiklos auf die analog oder alphanumerisch ausgegebene Auswertung verlassen darf. Die Zuverlässigkeit der vollautomatischen

Bandanalyse ist für die klinische Diagnostik nicht ausreichend. Sie bedarf - erst recht für wissenschaftliche Belange - der visuellen Kontrolle eines kardiologisch geschulten Beobachters (3). Daher kann man den Verzicht des Arhyscriptsystems auf alphanumerische Analyse hier vernünftig begründet sehen, besonders wenn es um das Erfassen von Rhythmusstörungen geht. Hier reicht oft schon ein formanalytischer Überblick.

Die Patienten können einer Vorselektion zugeführt werden, der sich in besonderen Fällen die Kontrolle mit einem Holter-System anschließen kann. Nach den Ergebnissen dieser Studie mit den Korrelationskoeffizienten von 0,84 für SVES und 0,79 für VES kann für diese beiden Arrhythmiekategorien, mit dem Arhyscriptsystem genauso wie mit dem Pathfinder eine hohe diagnostische Sicherheit angenommen werden. Dieses gilt für den größten Teil der Detektion von Rhythmusstörungen.

Kommt es jedoch zu fehlender Vorzeitigkeit und unveränderter Amplitude einer ventrikulären Ektopie, sind die Grenzen des Arhyscript-Systems erreicht. Dieser Umstand ist sehr selten und daher für die Routinediagnostik zu vernachlässigen. Da auch, wie schon erwähnt, die P-Welle nicht immer diagnostisch verwertet werden kann, muß in solchen Fällen auf ein Holter-System zurückgegriffen werden. Der Pathfinder ist wegen dem relativ hohen Anschaffungspreis nur größeren Kliniken vorbehalten.

Aber nicht nur hier, sondern auch in den Praxen vor Ort werden Rhythmuskranke behandelt, ohne Möglichkeit einer Langzeitüberwachung. Hier kann ein kostengünstigeres Langzeit-EKG wie Arhyscript eine Versorgungslücke schließen. Anstelle von Verdachtsdiagnosen können objektive Befunde erhoben werden.

Ineffektive Medikamente, Dosierungen und Nebenwirkungen können mit dieser nicht invasiven Methode rechtzeitig erkannt werden.

C ZUSAMMENFASSUNG

=====

Die vorgelegte Arbeit vergleicht zwei Langzeit-EKG-Registriergeräte mit prinzipiell unterschiedlicher Ereigniserfassung am gleichen Ereignisangebot. Beide Geräte wurden 21 Patienten mit Herzrhythmusstörungen gleichzeitig für 24 Stunden angelegt.

Der Arhyscript 1000, ein sog. "Ereignisregistriergerät" (event recorder) und der "Pathfinder" (Reynolds) erwiesen sich in bezug der Erfassung von Extrasystolen für die Praxis als ebenbürtig (Korrelationskoeffizient für supraventrikuläre Extrasystolen 0,8377 für ventrikuläre Extrasystolen 0,795).

Mit dem Arhyscriptsystem erhält man eine für die Diagnostik ausreichende Dokumentation der Rhythmusstörungen. Die falsch positive Aufzeichnung von Artefakten beeinträchtigt die Diagnosestellung nicht, da sie meist nur wenige R-R-Intervalle umfaßt. Die Datenreduktion auf die Ereignisse, welche vom Arrhythmiedetektor als abnormal erkannt werden, bringt eine nicht zu unterschätzende Zeitersparnis im Vergleich zum Pathfinder System.

Teilweise führen beim Atmen atemabhängige Frequenzänderungen durch schnelle R-R-Intervalländerung oder Amplitudenschwankung zur Aufzeichnung. Langsam eintretende, physiologische Verkürzung oder Verlängerung des R-R-Inter-

valls werden vom Arrhythmiedetektor als normal angesehen. Nicht vorzeitig einfallende ventrikuläre Extrasystolen mit unveränderter Amplitudenhöhe der R-Zacke werden vom Arrhythmiedetektor nicht erkannt, da das R-R-Intervall unverändert ist, sie sind jedoch für die Analyse von Rhythmusstörungen nicht relevant. Die fehlende Selektivität des Gerätes überläßt dem Untersucher die Klassifizierung der Rhythmusstörung beim Lesen des Auswertebogens. Zur exakten Diagnose bestimmter Extrasystolen muß auf ein anderes System zurückgegriffen werden.

Die einfache Konzeption und Bedienung der Aufnahme- und besonders der Auswerteeinheit von Arhyscript 1000 ist ein großer Vorteil. Eine Verbesserung in bezug auf das hohe Gewicht (1 kg) der Aufnahmeeinheit wäre wünschenswert.

Beim Reynolds Pathfinder werden sämtliche Daten von der 24stündigen Überwachungszeit erhalten. Dieser Vorteil wird eingeschränkt durch das häufige Erfassen von Artefakten. Sie beeinflussen oft die Zählung vor allem der supraventrikulären Extrasystolen. Die Computeranalyse kann nicht ohne kritische Begutachtung vom Untersucher übernommen werden. Die dauernde Anwesenheit vor dem Monitor ist notwendig, um eine exakte Diagnose stellen zu können. Hohe Konzentration bei Betrachten des schnellablaufenden Monitorbildes wird verlangt. Die Bedienung der Auswerteeinheit erfordert Erfahrung, da jedes EKG individuell eingestellt werden muß.

Ein Vorteil des Reynolds Pathfinder liegt in der Detailerkennung der individuellen Originalableitungen. Der QRS-Komplex kann meist gut analysiert werden. Dieses gestaltet sich beim Arhyscript schwieriger, da die EKG-Linie beim Herausschreiben mit dem Einkanalschreiber Unregelmäßigkeiten durch Muskelartefakte aufweist. So wird die Erkennung der P-Welle oft schwierig. Die R-Zacke ist dagegen immer gut zu beurteilen.

Der elektronische Aufwand des Pathfinder mit seinen Vorteilen des großen Monitorbildes, der akustischen Anzeige einer Rhythmusstörung, der Computeranalyse und der diversen Analysemöglichkeiten trägt die Gefahr vermehrter Fehlermöglichkeiten von seiten des Bedieners in sich.

Das geringe Gewicht und die einfache Bedienung des Aufnahme recorders erleichtern die Anwendung auch bei ambulanten Patienten im besonderen Maße.

Der Reynolds Pathfinder hat einen ca. 5mal so hohen Anschaffungspreis wie der Arhyscript.

Er wird daher nur größeren Kliniken vorbehalten bleiben.

Arhyscript eignet sich wegen seiner Wirtschaftlichkeit auch für die örtliche Praxis, wo eine Vorselektionierung des Krankengutes für eine Pathfinderuntersuchung vorgenommen werden kann.

D TABELLARISCHE ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Arhyscript 100 (Schwarzer Picker)

Vorteile:

1. Datenreduktion → Zeitersparnis
2. Sensitiv bei den meisten Rhythmusstörungen
→ hohe diagnostische Sicherheit bei Detektion der Extrasystolen
3. Wirtschaftlichkeit → breite Anwendungsmöglichkeit
4. Wenig artefaktempfindlich
5. Einfach in Konzeption und Bedienung

Nachteile:

1. Eigenständigkeit des Arrhythmiedetektors → möglicher Datenverlust
2. Fehlende Selektivität
3. Gewisse Sensitivitätseinschränkung bei fehlender Vorzeitigkeit der ES
4. Zur Klassifizierung bestimmter ES (z.B. polytope VES) muß auf andere Systeme zurückgegriffen werden, in ca. 20 % der Fälle
5. Hohes Gewicht des Aufnahmegerätes

Reynolds Medical Pathfinder

Vorteile:

1. Speicherung der gesamten Daten von 24 Std.
2. Selektivität
3. Hohe Sensitivität → große diagnostische Sicherheit
4. Detaillierkennung der individuellen Originalableitung
5. Geringes Gewicht des Aufnahmeegerätes

Nachteile:

1. Visuelle Korrektur der Computeranalyse erforderlich
→ zeitintensiv
2. Großer elektrischer Aufwand → Fehlermöglichkeit
von seiten des Bedieners
3. Viele Artefakte bei hoher Sensitivität → SVES werden
zu häufig gezählt (64 %)
4. VES werden bei mittlerer Vorzeitikeitseinstellung
nicht immer erkannt (11 %)
5. Hohe Anschaffungskosten

E QUELLENANGABEN
=====

Verfasser, Titel, Zeitschrift, Band, Seite, Jahr

1. Armstrong, D.R.:

Review of Holter Monitoring Techniques.

Swiss Med 2, Nr. 4, S. 16-29, 1980

2. Baedeker, W.:

Die Bedeutung des ambulanten Langzeit-EKG's für die
Klinische Diagnostik.

Internistische Welt 6, S. 75/253-84/258, 1981

3. Braun, V., Höpp, H.-W., Hombach, V., Hilger, H.H.:

Kontinuierliche und diskontinuierliche Langzeitelek-
trokardiographie: ein qualitativer und semiquantita-
tiver Vergleich der Ergebnisse.

Z. Herz/Kreislauf, Heft 4, 196-209, 1982

4. Frey, A., Müller, A.:

Miniaturisierte Totalausschrift des LZ EKG mittels
UV-Schreiber.

Herz-Kreislauf Nr. 4, S. 193, 1982

5. Giesen, H.-K., Schuler, M.:

Cardio-Patho-Cord CPC 100, Ein neues Gerät zur Lang-
zeit-EKG-Überwachung.

Münchener Medizinische Wochenschrift 121, Nr. 9,
323-324, 1979

6. Holter, N.T.:
New method for heart studies.
Science 134, S. 1241, 1961
7. Kennedy, H.L., Chandra, V., Sayther, K.L., Caralis,
D.G.:
Effectiveness of increasing hours of continuous am-
bulatory elektrocardiography in detecting maximal
ventricular ectopy.
Am. J. Cardiol. 42, 925, 1978
8. Kühn, P., Kroiss, A., Jaskowicz, G.:
Arrhythmieanalyse - Arrhythmieüberwachung (Vergleichs-
untersuchungen von 4 Kleincomputern zur automatischen
EKG-Überwachung).
Z. Kardiol. 65, 166-175, 1976
9. Leitner v., E.-R., Tietze, U., Andresen, D.,
Schröder, R.:
Rechnerkompatibles Langzeit-EKG-Analysegerät zur
quantitativen Erfassung einfacher und komplexer Rhyth-
musstörungen.
Zeitschrift [Z.]: Kardiologie 70, 22-27, 1981
10. Lopes, M.G., Runge, P., Harrison, D.C., Schröder, J.S.:
Comparison of 24 versus 12 hours of ambulatory ECG
monitoring.
Chest 67, 269, 1975

11. Moller, M., M.D., Odense University Hospital Denmark,
Reliability of Quantitativ Analysis of Ambulatory
ECG, Tape Recording. Extract from the Transactions
of the European Society of Cardiology, Volume I,
Nr. 1
12. Neilson, J.M., High Speed Analysis of Ventricular
Arrhythmias from 24 Hour Recordings. Computers in
Cardiology.
IEEE Catalogue No 74 CH 0379-7C, S. 55-61, 1974
13. Neilson, J.M., Vellani, C.W.:
Computer detection and analysis of ventricular ectopic
rhythmus. Quantitation in cardiology ed. Snellen H.H.
et al. Leiden.
University Press, L. 117-125, 1972
14. Ruge, I., Schuler, M., Riedlberger, F.:
Cardiopathocord CPC 100 - Ein neues Low-Cost-System
zur Langzeit-EKG-Überwachung im Hinblick auf Rhythmus-
störungen.
Z. acta medicotechnica 29, Heft 1, 29-30, 1981
15. Sack, D.W., Ruge, I., Schuler, M., Riedlberger, F.:
Wesentliche Verkürzung der Auswertezeit bei ambulan-
ter Langzeit-EKG-Überwachung.
Z. Therapiewoche 30, 7301-7309, 1980

16. Schwarzer Picker International:
Neuartiges Langzeit-EKG-Überwachungssystem Arhyscript
1000.
Informationsschrift von Schwarzer Picker, 1982
17. Sass, F., Bouché, Ch., Leitner, A.:
Regression und Korrelation.
Dubbel (Taschenbuch für Maschinenbau) 1 167-170,
13. Auflage, 1974
18. Tietze, U.:
Zuverlässigkeit, Reproduzierbarkeit und Fehler der
automatischen Auswertung von Langzeit-EKG-Untersu-
chungen.
Swiss Med (Schweizerische Zeitschrift für Medizin
und med. Technik) 2, Nr. 4, 16-29, 1980
19. Tietze, U., Leitner, v., E.-R., Andresen, D.,
Schröder, R.:
Ein Langzeit-EKG-Analysesystem zur quantitativen
Auswertung von Herzrhythmusstörungen.
Biomedizinische Technik 24, Heft 11, 275-280, 1979

A N H A N G
=====

RECHNUNG ZUM KORRELATIONSKOEFFIZIENTEN

Tabelle zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten der
supraventrikulären Extrasystolen

i	x_i	y_i	x_i^2	y_i^2	$x_i \cdot y_i$
1	1	1	1	1	1
2	13	10	169	100	130
3	31	17	961	289	527
4	184	198	33856	39204	36432
5	2	0	4	0	0
6	263	240	69169	57600	63120
7	440	90	193600	8100	39600
8	114	200	12996	40000	22800
9	18	60	324	3600	1080
10	22	25	484	625	550
11	32	35	1024	1225	1120
12	0	0	0	0	0
13	24	11	576	121	264
14	513	500	263169	250000	256500
15	28	45	784	2025	1260
16	21	20	441	400	420
17	4	4	16	16	16
18	3	4	9	16	12
19	11	11	121	121	121
20	6	15	36	225	90
21	200	220	40000	48400	44000
Σ	1930	1706	617740	452068	468043

x : Arhyscript

y : Pathfinder

Regression und Korrelation der supraventrikulären
Extrasystolen

1. Lineare Regression

1.1 Ausrechnung

1.1.1 $S_{xx} = \sum x_i^2 - T_x^2/N$

1.1.2 $S_{yy} = \sum y_i^2 - T_y^2/N$

x_i : Werte mit Arhyscript

y_i : Werte mit Pathfinder

T : Summe einer arithmetischen Reihe

N : Anzahl der Beobachtungen

$$\begin{aligned} S_{xx} &= 617740 - 1930^2 / 21 \\ &= \underline{440\,363,80} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{yy} &= 452\,068 - 1706^2 / 21 \\ &= \underline{313\,475,80} \end{aligned}$$

1.1.3 $S_{xy} = \sum x_i y_i - N \bar{x} \bar{y}$

$$\bar{x} = 91,90 \quad \bar{y} = 81,24$$

$$\begin{aligned} S_{xy} &= 468\,043 - 21 \cdot 91,90 \cdot 81,24 \\ &= \underline{311\,257,93} \end{aligned}$$

1.1.4 b = Regressionskoeffizient (konstant)
- Steigungsmaß der Geraden

$$= S_{xy} / S_{xx}$$

$$= 311\,257,93 / 440\,363,80$$

1.1.4 $b = \underline{0,7068}$

1.1.5 $y = a + bx$

a = Abschnitt auf der Ordinatenachse

$$= \bar{y} - b\bar{x}$$

$$= 81,24 - 0,7068 \cdot 91,90$$

$$= \underline{16,28}$$

2. Korrelation

2.1 Ausrechnung

2.1.1 B = Bestimmtheitsmaß

$$= S_{xy}^2 / (S_{xx} S_{yy})$$

$$= 311\,257,93^2 / (440\,363,80 \cdot 313\,475,80)$$

$$= \underline{0,7018}$$

2.1.2 r := Korrelationskoeffizient

$$r^2 = B$$

$$r = \sqrt{B}$$

$$r = \sqrt{0,7018}$$

$$r = \underline{0.8377}$$

$$\begin{aligned} 2.1.3 \quad t^2 &= \text{Prüfgröße} \\ t^2 &= (N - 2) \cdot B / (1 - B) \\ &= (21-2) 0,7018 / (1 - 0,7018) \\ &= \underline{44,72} \end{aligned}$$

2.1.4 Sicherheitsschwelle $P = 5 \%$

$$B_p = t_p^2 / (N + t_p^2 - 2)$$

2.1.4.1 Ausrechnung von B_p

$$t^2 = 44,72$$

$$t_{5\%}^2 = 2,23$$

$$B_{5\%} = 2,23 / (23 + 2,23^2 - 2)$$

$$B_{5\%} = \underline{0,0932}$$

Die Abweichung ist gesichert, da das errechnete Bestimmtheitsmaß $B = 0,7018$ größer ist als $B_{p\ 5\%} = 0,0932$.

Werte zur Zeichnung der linearen Regression der SVES

$$y = a + b x$$

$$a = 16,28$$

$$b = 0,7068$$

x	y	x	y
1	17	513	378,9
13	25,5	28	36,1
31	38,2	21	31,1
184	146,3	4	19,1
2	17,7	3	18,4
263	202,2	11	24,1
440	327,3	6	20,5
114	96,9	200	157,6
18	29,0		
22	31,8		
32	38,9		
0	16,3		
24	33,2		

Tabelle zur Berechnung des Korrelationskoeffizienten
der ventrikulären Extrasystolen

i	x_i	y_i	x_i^2	y_i^2	$x_i y_i$
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	19	14	361	196	266
4	296	239	87616	57121	70744
5	1	1	1	1	1
6	0	0	0	0	0
7	72	400	5184	160000	28800
8	722	350	521284	122500	252700
9	316	200	99856	40000	63200
10	1	1	1	1	1
11	0	1	0	1	0
12	0	0	0	0	0
13	419	400	175561	160000	167600
14	1	3	1	9	3
15	374	300	139876	90000	112200
16	589	400	346921	160000	235600
17	246	100	190096	10000	24600
18	436	100	190096	10000	43600
19	1	1	1	1	1
20	2	2	4	4	4
21	28	25	784	625	700

Σ 3523 2537 1628063 810459 1000020

x : Arhyscript y : Pathfinder

Regression und Korrelation der ventrikulären Extrasystolen im Vergleich Arhyscript (x_i) und Pathfinder (y_i)

1. Lineare Regression

1.1 Ausrechnung

$$\begin{aligned} 1.1.1 \quad S_{xx} &= x_i^2 - T_x^2/N \\ &= 1\,628\,063 - 3523^2/21 \\ &= \underline{1\,037\,037,81} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1.1.2 \quad S_{yy} &= y_i^2 - T_y^2/N \\ &= 10\,459 - 2537^2/21 \\ &= \underline{503\,965,24} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1.1.3 \quad S_{xy} &= x_i y_i - N \bar{x} \bar{y} \\ &= 1\,000\,020 - 21 \cdot 167,7 \cdot 120,8 \\ &= \underline{574\,598,7} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1.1.4 \quad b &= \text{Regressionskoeffizient} \\ b &= S_{xy} / S_{xx} \\ &= 574\,598,7 / 1\,037\,037,81 \\ &= \underline{0,554} \end{aligned}$$

1.1.5 Berechnung von a aus $y = a + bx$

Einsetzen der Mittelwerte von x, y

$$\bar{x} = 167,76 \quad \bar{y} = 120,81$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$= 120,81 - 0,554 \cdot 167,76$$

$$a = \underline{\underline{27,889}}$$

2. Korrelation der VES

2.1 Ausrechnung

2.1.1 $B = \text{Bestimmtheitsmaß}$

$$S_{xy}^2 / (S_{xx} S_{yy})$$

$$= 574\,598,7^2 / (1\,037\,037,81 \cdot 503\,965,24)$$

$$= \underline{\underline{0,631}}$$

2.1.2 $r = \text{Korrelationskoeffizient}$

$$r^2 = B$$

$$r = \sqrt{B}$$

$$r = \sqrt{0,631}$$

$$r = \underline{\underline{0,795}}$$

2.1.3 $t^2 = \text{Prüfgröße}$

$$t^2 = (N - 2) B / (1 - B)$$

$$= (21 - 2) 0,631 / (1 - 0,631)$$

$$= \underline{\underline{32,49}}$$

2.1.4 Sicherheitsschwelle $P = 5 \%$

$$B_p = t_p^2 / (N + t_p^2 - 2)$$

2.1.4.1 Ausrechnung von B_p

$$t^2 = 32,49$$

$$t_{5\%}^2 = 1,62$$

$$\begin{aligned} B_{5\%} &= 1,62 / (21 + 1,62 - 2) \\ &= 0,0788 \end{aligned}$$

Die Abweichung ist gesichert, da das errechnete Bestimmtheitsmaß $B = 0,631$ größer ist als $B_{p\ 5\%} = 0,0788$.

Werte zur Zeichnung der linearen Regression für ventri-
kuläre Extrasystolen

$$y = a + bx$$

$$a = 27,889$$

$$b = 0,554$$

x	y	x	y
0	27,9	0	27,9
0	27,9	419	260,0
19	38,4	1	28,4
296	191,9	374	235,1
1	28,4	589	354,2
0	27,9	246	164,2
72	67,8	436	269,4
722	427,9	1	28,4
316	203,0	2	29,0
1	28,4	28	43,4
0	27,9		

LEBENS LAUF

Am 16.5.1954 wurde ich als Tochter des Dr. med. Heinz Peschke und seiner Ehefrau Dr. med. Ursula Peschke, geb. Jarzombek, geboren.

In Höhr-Grenzhausen/Unterwesterwaldkreis besuchte ich 4 Jahre lang die Volksschule und wechselte 1964 zum neusprachlichen Gymnasium in Vallender/Rhein über. Dort legte ich 1973 die Reifeprüfung ab.

Im WS 73/74 studierte ich zunächst Soziologie in Trier. Es folgte von 1974-1976 eine Ausbildung zur medizinisch-technischen Assistentin in Heidelberg. Anschließend war ich als MTA tätig im Zentrallabor des Städt. Krankenhauses Kemperhof in Koblenz (4.76 - 9.77).

WS 77/78 bis einschließlich SS 78 Sprachenstudium am Dolmetscherinstitut München.

Im WS 78/79 Zulassung zum Studium der Humanmedizin. Es folgten: Physikum SS 80, I. Staatsexamen SS 81, II. Staatsexamen SS 83, III. Staatsexamen SS 84.

Seit September 1981 bin ich mit dem Dipl.-Ing. Josef Richarz-Peschke verheiratet. Unser Wohnsitz befindet sich in Pöcking.

